

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Электронного обучения  
Специальность 140205 Электроэнергетические системы и сети  
Кафедра Электрических сетей и электротехники

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>Проект реконструкции ПС 220 кВ Западно-Сибирская</b> УДК <u>621.311.4.002.5(571.13)</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9201	Парамонов Андрей Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Панкратов А.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л.А.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭСиЭ	Прохоров А.В.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Специальность 140205 Электроэнергетические системы и сети

Кафедра Электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      Прохоров А.В.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-9201	Парамонову Андрею Владимировичу

Тема работы:

Проект реконструкции ПС 220 кВ Западно-Сибирская

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	<b>Схема подстанции 220 кВ Западно-Сибирская. Мощности нагрузок на подстанции.</b>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><b>Реконструкция подстанции 220 кВ Западно-Сибирская. Мероприятия по повышению уровня надёжности подстанции. Расчет срока окупаемости проекта. Социальная ответственность (производственная, пожарная и экологическая безопасность).</b></p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><b>Схема подстанции 220 кВ Западно - Сибирская после реконструкции.</b></p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	<p>Доцент, кандидат технических наук</p> <p>Коршунова Л.А.</p>
<b>Социальная ответственность</b>	<p>Доцент, кандидат технических наук</p> <p>Амелькович Ю.А.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Панкратов А.В.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9201	Парамонов Андрей Владимирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-9201	Парамонову Андрею Владимировичу

<b>Институт</b>	Электронного обучения	<b>Кафедра</b>	Электрических сетей и электротехники
<b>Уровень образования</b>	Специалитет	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетические системы и сети

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материалов и оборудования, стоимость электроэнергии, минимальная тарифная ставка оплаты труда.
2.Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы амортизации.
3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка отчислений в социальные фонды.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1.Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости
2.Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Расчет затрат на проектирование
3.Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	Расчёт капиталовложений на оборудование и строительно-монтажные работы.
4.Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Расчёт годовых эксплуатационных затрат.
5.Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Расчёт срока окупаемости проекта.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. Этапы и график разработки и внедрения ИР

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Коршунова Л.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-9201	Парамонов Андрей Владимирович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>		
3-9201	Парамонову Андрею Владимировичу		
<b>Институт</b>	Электронного обучения	<b>Кафедра</b>	Электрических сетей и электротехники
<b>Уровень образования</b>	Специалитет	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетические системы и сети

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);</li> <li>- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).</li> </ul>	<p>– Объект раздела: характеристика работ, операций, оборудования, условий выполнения рассматриваемого технологического процесса.</p> <p>– Обеспечение безопасности для выявленных опасных факторов: нормативные требования, которым удовлетворяет принятое к использованию оборудование и инструмент. Технические устройства обеспечения этих требований, ссылки на НТД.</p>
--	---

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.	– Анализ законодательных и нормативных актов по теме.
---	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>– Перечень опасных и вредных факторов при выполнении работ, источником которых является выбранное оборудование и технологический процесс.</p> <p>– Обеспечение санитарно-гигиенических условий на рабочих местах и обеспечение требований нормативных документов к выявленным вредным факторам. Технические устройства обеспечения этих требований.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>– Обеспечение безопасности при аварийной ситуации. Средства защиты. Организационные, технические мероприятия.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>– Анализ выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод, твёрдых отходов от рассматриваемой технологии. Дать решения по обеспечению экологической безопасности окружающей среды, ссылки на НТД.</p>

<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	–Поведение объекта в ЧС и меры, необходимые для повышения устойчивости при ЧС.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	–Нормативные документы.
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Расчет заземления и молниезащиты

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А..	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9201	Парамонов Андрей Владимирович		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Электронного обучения  
 Специальность – Электроэнергетические системы и сети  
 Уровень образования – специалист  
 Кафедра электрических сетей и электротехники  
 Период выполнения – весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Дипломный проект
------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (моду- ля)
	<i>Введение. Исходные данные для реконструкции подстанции «Западно-Сибирская». Электротехнические решения</i>	
	<i>Техническое задание на разработку проекта по реконструкции подстанции «Западносибирская». Выбор и проверка основных.</i>	
	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
	<i>Социальная ответственность</i>	
	<i>Заключение. Список использованных источников</i>	
	<i>Выполненный дипломный проект</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Панкратов А.В.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭСиЭ	Прохоров А.В.	к.т.н.		

## Список сокращений

ПС – Подстанция  
ГПП – Главная понизительная подстанция  
КЗ – Короткое замыкание  
ЛЭП – Линия электропередач  
СШ – Система шин  
КПД – коэффициент полезного действия  
РПН – Регулирование напряжения трансформатора под нагрузкой  
ОРУ – Открытое распределительное устройство  
АПВ – Автоматическое повторное включение  
СЭС – Система электроснабжения  
ОПН – Ограничитель перенапряжения  
РП – Распределительный пункт  
ВЛ – Воздушная линия  
АВР – Автоматическое включение резерва  
ПДК – Предельно допустимая концентрация  
ПТЭ – правила технической эксплуатации  
ТП – Трансформаторная подстанция  
МТЗ – Максимальная токовая защита  
ЗРУ – Закрытое распределительное устройство  
ОПУ – Общеподстанционный пункт управления  
ПУЭ – Правила устройства электроустановок



## Реферат

Дипломная работа содержит 90 с., 11 рис., 14 табл., 16 литературных источников, 1 лист графического материала.

Ключевые слова: подстанция, трансформатор, напряжение, допустимая область, параметры расчета.

Объектом исследования является: подстанция Западно-Сибирская 220/110 кВ. Цель данной работы – замена основного электротехнического оборудования.

Реконструкция подстанции приведет к повышению надежности электроснабжения потребителей улучшению технико-экономических показателей соответственно повышению качества электроэнергии.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2010 и представлена на CD-R (в конверте на обороте обложки)

## Содержание

	С.
Введение	12
1. Описание схемы ПС-220 кВ Западно-Сибирская	14
2. Расчетная часть	18
2.1 Расчет электрических нагрузок	18
2.2 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов	21
2.3 Расчет токов короткого замыкания	23
2.4 Выбор основного оборудования подстанции	30
2.5 Выбор выключателей на напряжение 220 кВ	31
2.6 Выбор выключателей на напряжение 110 кВ	34
2.7 Выбор выключателей на напряжение 10 кВ	36
2.8 Выбор и проверка разъединителей 220 кВ	38
3. Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность.	39
3.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости.	39
3.2 Расчет затрат на проектирование	42
3.3 Расчет приведенных затрат по вариантам с одинаковой надежностью	46

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		А.В.Парамонов			Содержание	Лит.	Лист
Провер.		А.В. Панкратов					10
Реценз.						ТПУ ИнЭО, гр. 3-9201	
Н. Контр.							
Утверд.							

3.4	Расчет капитальных вложений	46
3.5	Расчет ежегодных эксплуатационных затрат	48
4.	Социальная ответственность	53
4.1	Производственная безопасность.	53
4.2	Экологическая безопасность.	70
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	73
4.4	Расчет заземления подстанции Западно-Сибирская	83
	Список используемой литературы.	88
	Приложение.	90

## Введение

Современная промышленность не может существовать без электрических машин и аппаратов, электрических печей, сварки, электрохимии и т.д. Применение электрической энергии значительно повышает производительность труда и является основой создания автоматизированных технологических процессов и производств.

Энергетика обеспечивает электроэнергией и теплом промышленные предприятия, сельское хозяйство, транспорт, коммунально-бытовые нужды городов, рабочих и сельских поселков.

Электрификация оказывает определяющее влияние на развитие всех отраслей народного хозяйства, она является стержнем экономики государства. Отсюда объективно следует необходимость опережающих темпов развития энергетики и электрификации, непрерывного роста производства электроэнергии и тепла.

Электроэнергетика в целом более чем какая-либо другая отрасль народного хозяйства, определяет уровень развития страны.

Энергосистема – это совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, а также установок потребителей электроэнергии и тепла, связанных общностью режимов производства, распределения и потребления электрической энергии и тепла. Часть энергосистемы, включающая в себя электростанции, электрические сети (линии электропередачи и преобразовательные подстанции) и установки потребителей электрической энергии, составляет электрическую систему.

Электроснабжение изучает вопросы производства электроэнергии, передачи и распределения (электростанции, ЛЭП, подстанции).

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Парамонов А.В			Введение	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Панкратов А.В					12	
Реценз.						ТПУ ИнЭО, гр. 3-9201		
Н. Контр.								
Утверд.								

### Основные направления развития электроэнергетики:

- использование низкокачественных видов топлива;
- дальнейшее совершенствование энергетики с использованием ЛЭП напряжением до 1500кВ;
- дальнейшее развитие атомной энергетики с использованием реакторов на “быстрых нейтронах”.

Основой развития российской энергетики является сооружение электростанций большой мощности. Важным направлением развития энергетики является использование ядерных реакторов для создания атомных ТЭЦ и атомных станций теплоснабжения.

На долю тепловых электростанций приходится большая часть выработки электроэнергии. Энергетической программой России предусматривается дальнейшее развитие энергоснабжающей политики. Экономия энергетических ресурсов должна осуществляться путем:

- перехода на сберегающие технологии;
- совершенствования и реконструкции оборудования;
- сокращения всех видов энергетических потерь и повышения уровня использования вторичных энергоресурсов.

В данном дипломном проекте рассмотрен вопрос о реконструкции подстанции Западно-Сибирская. Решение этого вопроса нужно для того, что бы после реконструкции подстанция имела улучшенные технико-экономические показатели, то есть при минимальных затратах денежных средств, оборудования и материалов она обеспечивала требуемую надежность электроснабжения и качество электроэнергии. Кроме того, при проектировании задачи по электроснабжению решаются комплексно, с учетом перспективы развития потребителей.

## 1. Описание схемы ПС 220 кВ Западно-Сибирская

Электрооборудование распределительных устройств (РУ) должно удовлетворять условиям работы при номинальных режимах, перенапряжениях, нормированных перегрузках и коротких замыканиях.

Сторона 220 кВ подстанции Западно-Сибирская имеет две системы шин соединённых междушинным выключателем и одну обходную систему с обходным выключателем, 1 и 2-СШ питаются по двум ЛЭП-220 кВ с «Томь – Усинской ГРЭС». От подстанции Западно-Сибирская отходят две ЛЭП-220 кВ ПС-220 кВ «Антоновская» и ПС-220 кВ «Полосухинская». Сторона 110 кВ подстанции Западно-Сибирская имеет одну секционированную систему шин и одну обходную систему с обходным выключателем, который имеет возможность подсоединяться к любой секции 110 кВ. Секции 110 кВ соединяются межсекционным выключателем.

Большое применение автотрансформаторам применяют в установках 110 кВ и выше. Объясняется это количеством преимуществ, которые они имеют по сравнению с трансформаторами.

При сравнении с трансформаторами той же мощности преимущества автотрансформаторов:

- малый расход меди, стали, изоляционных материалов;
- меньшая масса, а, следовательно, меньшие габариты, что позволяет создавать автотрансформаторы больших номинальных мощностей, чем трансформаторы;
- небольшие потери и больший КПД;
- более облегченные условия охлаждения.

Недостатки автотрансформаторов:

- необходимость глухого заземления нейтрали, что приводит к увеличению токов однофазного КЗ;

- сложность регулирования напряжения;
- опасность перехода атмосферных перенапряжений вследствие электрической связи обмоток ВН и СН.

На ПС-220 кВ Западно-Сибирская установлено два понижающих автотрансформатора АТДЦТН - 63/220/110/10кВ мощностью 63000 кВА с автоматическим регулированием напряжения под нагрузкой питающий первую секцию 110 кВ, вторая секция 110 кВ питается через, другой АТДЦТН - 63/220/110/10кВ, МСВ-110 отключен.

Автотрансформаторы оборудованы следующими защитами:

- 1) Газовая защита автотрансформатора;
- 2) Газовая защита РПН;
- 3) Дифференциальная защита автотрансформатора;
- 4) Токовые направленные защиты от замыкания на землю стороны 220 и 110 кВ;
- 5) Максимальная токовая защита на стороне 110 кВ;
- 6) Сигнализация от перегрузки;
- 7) Сигнализация повышения температуры масла;
- 8) Сигнализация понижения уровня масла;

Для надежного питания потребителей 110кВ и для возможности вывода в ремонт одного из автотрансформаторов на подстанцию «Западно-Сибирская» по стороне 110 кВ заведены две линии с «Томь - Усинской ГРЭС».

К секциям 10 кВ присоединены: трансформаторы напряжения 10 кВ типа НТМИ-10, питающие цепи измерения (счетчики, вольтметр); трансформаторы собственных нужд типа ТМ-630/10/0,4 кВ, которые питают цепи обогрева, освещения подстанции, подзарядные агрегаты, обдув автотрансформаторов.

Для цепей управления, защиты и сигнализации принят постоянный оперативный ток, на подстанции установлена аккумуляторная батарея типа OPzS-800.

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Выключатели высокого напряжения используют при коммутации электрических цепей на всех эксплуатационных режимах: включения и выключения токов нагрузки, тока намагничивания трансформаторов и зарядного тока линий и шин, выключения короткого замыкания, а также при изменениях схем электроустановок.

Есть ряд требований, предъявляемые к выключателям на всех режимах работы:

- надежность при выключении любых токов в пределах номинальных значений;
- быстродействие при отключении, т.е. гашение дуги в возможно малый промежуток времени, что вызвано необходимостью сохранения устойчивости параллельной работы станций при коротком замыкании;
- пригодность для автоматического повторного включения после отключения защиты электрической цепи;
- взрывобезопасность и пожаробезопасность;
- удобство обслуживания.

На ЛЭП-220 кВ установлены МВ-220 кВ типа ВМТ-220Б-20 оборудованные следующими видами защит:

- 1) Дистанционная трехступенчатая защита от междуфазных коротких замыканий;
- 2) Токовая защита от междуфазных коротких замыканий;
- 3) 4-х ступенчатая направленная токовая защита от коротких однофазных замыканий на землю;
- 4) ЛЭП-220 кВ приходящие с «Томь - Усинской ГРЭС» оборудованы также высокочастотной дифференциально-фазной защитой линии;
- 5) На ЛЭП-220 кВ предусмотрено АПВ и ускорение защит после АПВ.

На ЛЭП-110 кВ установлены МСВ-110 кВ типов ВМТ-110Б-20 оборудованные следующими видами защит:

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



- 1) Максимальная токовая защита (МТЗ);
- 2) Двухступенчатая направленная токовая защита от коротких однофазных замыканий на землю;
- 3) Дистанционная защита от коротких междуфазных замыканий;
- 4) Токовая защита от коротких междуфазных замыканий.

На ЛЭП – 110 кВ предусмотрено АПВ и ускорение защит после АПВ.

На ОРУ – 220, 110 кВ установлены разрядники типа РВС – 220, РВС-110 и РВМГ-220 для защиты от коммутационных и атмосферных перенапряжений, защищает от прямых попаданий молний, в ЗРУ - ОПН–10 кВ.

Прокладка силовых и контрольных кабелей выполняется по кабельным лоткам и кабельным конструкциям.

Аварийный слив масла из трансформаторов предусматривается в подземный резервуар.

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

## 2. Расчетная часть.

### 2.1 Расчет электрических нагрузок.

Электрические нагрузки систем электроснабжения определяют для расчета потерь и колебаний напряжения, выбора планируемой защиты, выбора числа и мощности силовых трансформаторов, мощности компенсирующих устройств, выбор и проверка токоведущих элементов по условию допустимого нагрева.

Максимальное значение нагрузки элементов системы электро-снабжения (СЭС) принимают наибольшие расчетные нагрузки усреднен-ные на интервале времени, за которое температура этих элементов дости-гает установившегося значения,  $P_{\max}$ , - активная нагрузка,  $Q_{\max}$  – реак-тивная нагрузка,  $S_{\max}$  – полная нагрузка. Максимальные нагрузки прини-маются за расчетные.

Определение расчетных нагрузок производится в две ступени.

На первой ступени обуславливается нагрузка отдельных электро-приемников. Здесь при расчете предполагают отсутствие источников ре-активной мощности в СЭС. Результаты этого этапа расчета и употребле-ются как исходные данные при выборе количества и мощности силовых трансформаторов.

На второй ступени определяют электрические нагрузки всей сети СЭС с учетом места подключения, мощности компенсирующих устройств в СЭС и с применением реактивной мощности синхронных двигателей.

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Парамонов А.В			Расчетная часть			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Панкратов А.В.								18	
Реценз.								ТПУ ИнЭО, гр. 3-9201			
Н. Контр.											
Утверд.											

Рассчитывают электрические нагрузки характерных узлов системы электроснабжения, осуществляется с целью выбора сечений питающих и распределительных сетей напряжением до и выше 1000В, числа и мощности трансформаторов ТП и ГПП, сечения шин распределительных устройств ТП.

РП и ГПП, коммутационной и защитной аппаратуры напряжением до и выше 1000 В и т.д.

Расчет нагрузок осуществляется от низших к высшим ступеням систем электроснабжения по отдельным расчетным узлам.

Расчетная нагрузка на шинах 110 кВ подстанции рассчитывается суммирования расчетных нагрузок отдельных потребителей с учетом коэффициента совмещения максимумов  $K_{\Sigma} = 0,85$ .

Определим расчетные нагрузки

$$Q_{\max} = P_{\max} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.1)$$

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} = P_{\max} / \cos \varphi, \quad (2.2)$$

Расчет нагрузок на шинах 110 кВ приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет электрических нагрузок

Наименование	cosφ/t gφ	Расчетная нагрузка		
		P <sub>ма</sub> х, кВт	Q <sub>м</sub> ах, квар	S max, кВ·А
I секция				
ВЛ – 110 Технологич. – 4	0,97/0,25	41130	10280	42400
ВЛ – 110 Технологич. – 1	–	0	0	0
ТСН-1	0,99/0,13	1168	152	1180
Итого по I секции		53970	10043	43880
II секция				
ВЛ – 110 Технологич. – 3	0,89/0,5	13460	6730	15120
ВЛ-110 Технологич. – 2	0,99/0,14	13960	1912	13800
ВЛ – 110 ТУ ГРЭС – 1	0,96/0,28	13150	3682	13700
ТСН-2	0,99/0,09	1448	130,32	1463
Итого по II секции		616,8	133,8	43083
Итого		786,6	162	87963

Расчетный ток каждой секции

$$I_{расч.1СШ} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{42400}{\sqrt{3} \cdot 110} = 230,31 A; \quad (2.3)$$

$$I_{расч.2СШ} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{43083}{\sqrt{3} \cdot 110} = 226,13 A; \quad (2.4)$$

$$\sum I_{расч.1СШ} = \frac{\sum S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{87963}{\sqrt{3} \cdot 110} = 461,69 A. \quad (2.5)$$

## 2.2 Выбор числа и мощности силовых трансформаторов.

Общераспространенный метод расчета мощности силового трансформатора – расчет с учетом послеаварийной перегрузки, допускается в послеаварийном режиме перегрузка силового трансформатора на 40 % больше номинальной мощности трансформатора в течение пяти суток, но не более 6 часов в сутки, при том, что до аварии трансформатор был загружен не более, чем на 75 %, а приемники третьей категории в послеаварийном режиме были отключены.

На понижающих подстанциях имеющих потребителей I-ой и II-ой категории надежности должно быть установлено два силовых трансформатора.

Выбор мощности силового трансформатора производим из условия

$$S_{тр} \geq S_{расч} / n, \quad (2.6)$$

где  $n$  – количество трансформаторов,

$S_{тр}$  – мощность трансформатора.

Зная, расчетную мощность для определения мощности трансформаторов таблица 2.1

$S_{рас} = 87963$  кВА выбираем мощность автотрансформатора

$S_{тн} = 63000$  кВА

Предпочтенному трансформатору проверим по загрузке в нормальном режиме.

$$K_z = \frac{S_{расч} \cdot 100}{n \cdot S_{тр}}, \quad (2.7)$$

где  $K_z$  – коэффициент загрузки.

$$K_3 = \frac{808,6 \cdot 100}{2 \cdot 63000} = 69,81\% \quad (2.8)$$

При отключении одного из трансформаторов оставшийся в работе трансформатор с учетом допустимой ПУЭ 40 % аварийной перегрузки сможет пропустить мощность:

$$1,4 \cdot S_{ном} = 1,4 \cdot 63000 = 88200 \text{ кВА}, \quad (2.9)$$

т.е. всю потребляемую потребителями мощность.

К установке на подстанции принимаем два трехфазных, трехобмоточных автотрансформатора, с дутьем и принудительной циркуляцией масла типа АТДЦТН-63000/220/110/10.

Основные технические данные:

$S_{ном} - 63000 \text{ кВА}$

$U_{ном} - \text{ВН-230 кВ}$

СН-121 кВ

НН-11 кВ

$\Delta P_k - 200 \text{ кВт}$

$\Delta P_{xx} - 37 \text{ кВт}$

$I_{xx} - 0,5\%$

$U_k - 11\%$

## 2.3 Расчет токов короткого замыкания.

Короткое замыкание (КЗ) – это замыкание между фазами, замыкание фаз на землю (нулевой провод) в сетях с эффективно – заземленными и глухо – заземленными нейтралью и витковые замыкания в электрических машинах.

Короткие замыкания зарождаются при нарушении изоляции электрических цепей. Причины нарушения изоляции: старение и вследствие этого пробой изоляции, обрывы проводов с падением на землю, набросы на провода линий электропередачи, механические повреждения изоляции кабельных линий при земляных работах, удары молнии в линии электропередачи и др.

Чаще всего короткое замыкание проходит через переходное сопротивление, например через сопротивление электрической дуги, возникающей в месте повреждения изоляции. Так же возникают короткие замыкания без переходного сопротивления.

В трехфазных электроустановках происходят трехфазные и двухфазные короткие замыкания. В трехфазных сетях с глухо – заземленными и эффективно – заземленными нейтралью, дополнительно могут возникнуть также, однофазное и двухфазное короткие замыкания на землю (замыкание двух фаз между собой с одновременным соединением их с землей).

Короткие замыкания, сопутствуются повышением токов в поврежденных фазах до значений, превосходящих в несколько раз номинальные значения.

Протекание токов короткого замыкания приводит к увеличению потерь электроэнергии в проводниках и контактах, что вызывает их повышенный нагрев. Нагрев может ускорить старение и разрушение изоляции, утрату механической прочности шин и проводов вызвать сваривание и выгорание контактов и т.п.

Проводники и аппараты должны быть стойкими к нагреву, т.е. должны без повреждений выдерживать в течение заданного времени нагрев токами короткого замыкания.

Протекание токов короткого замыкания сопровождается также значительными электродинамическими усилиями между проводниками. Если не принять мер, под действием этих усилий токоведущие части и их изоляция может быть нарушена. Токоведущие части, аппараты, и электрические машины обязаны быть сконструированы так, чтобы выдержать без повреждений усилия, которые возникают при коротком замыкании, т.е. должны обладать электродинамической стойкостью.

Короткие замыкания сопровождаются понижением уровня напряжения в электрической сети, особенно вблизи места повреждения.

Для обеспечения надежной работы энергосистем и предотвращения повреждений, при возникновении короткого замыкания необходимо быстро отключать поврежденный участок. К мерам, уменьшающим опасность развития аварий, относится также правильный выбор аппаратов по условиям короткого замыкания, применение токоограничивающих устройств, выбор рациональной схемы сети и т.п.

Короткое замыкание сопровождается переходным процессом, при котором значение токов и напряжений, а также характер их изменения во времени зависят от соотношения мощности и сопротивления источника питания (генератор, система) и цепи, в которой произошло повреждение. С учетом этого все возможные случаи короткого замыкания можно условно разделить на две группы, а именно: короткое замыкание в цепях, питающихся от шин неизменного напряжения (энергосистемы) и короткое замыкание вблизи генератора ограниченной мощности.

Основные допущения, принимаемые при расчете тока короткого замыкания:

- рассчитывается трехфазное короткое замыкание, т.к. оно симметричное, а токи максимальные;

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



- расчетное место короткого замыкания выбирают так, чтобы ток короткого замыкания, протекающий через выбираемый аппарат, был максимально возможным;
- все источники, от которых может получать питание место короткого замыкания, работают параллельно и их ЭДС сходятся по фазе;
- расчетное место короткого замыкания выбирают для того, чтобы ток короткого замыкания, протекающий через выбираемый аппарат, был максимально возможным;
- активным сопротивлением можно пренебречь, если оно более чем в три раза уступает индуктивному;
- величина напряжения при расчете токов берется на 5% больше номинального.
- сопротивление короткого замыкания считают равным нулю, т.е. анализируется металлическое короткое замыкание;
- сопротивлением коммутационных аппаратов, источников, кабельных перемычек пренебрегают, т.к. оно мало;

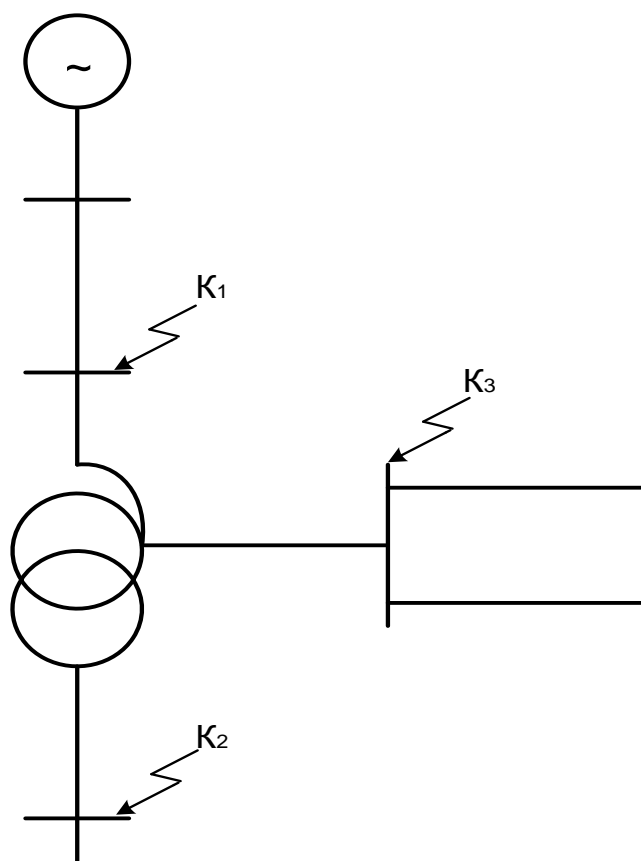


Рисунок 2.1 – Расчетная схема

Предусматривается раздельная работа трансформаторов, т.е. МСВ-110 кВ отключен. Следовательно, в расчете токов короткого замыкания учитываем только одну ветвь, другая аналогична.

Кратковременное включение трансформаторов на параллельную работу, в процессе переключений, на подстанции в расчете токов КЗ не учитывается.

По расчетной схеме рисунок 2.1 составляется схема замещения рисунок 2.2 для определения КЗ в точках  $K_1 - K_3$ .

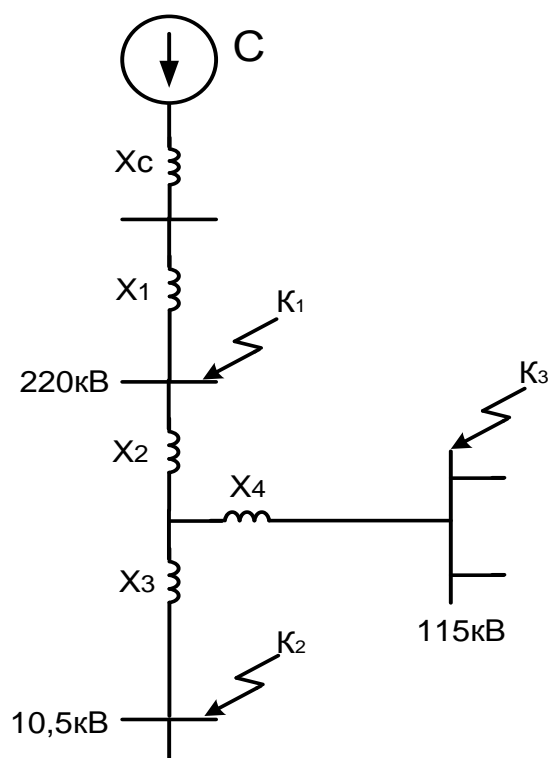


Рисунок 2.2 – Схема замещения

При рас считывании токов короткого замыкания учитываются два основных режима работы сети: максимальный, когда подключены все элементы рассматриваемой энергосистемы, и минимальный, когда часть элементов отключена. Результаты расчетов используются для определения устройств релейной защиты и автоматики, определения сквозного и ударного токов при выборе аппаратов и проводников.

Произведем расчет в относительных единицах.

Зададимся базисными величинами:

Базисная мощность

$$S_B = 1000 \text{ МВА}$$

Базисные напряжения

$$U_{B1} = 230 \text{ кВ}$$

$$U_{B2} = 115 \text{ кВ}$$

$$U_{B3} = 10,5 \text{ кВ}$$

Рассчитаем базисный ток

$$I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,51 \text{ кА} \quad (2.10)$$

$$I_{B2} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B3}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА} \quad (2.11)$$

$$I_{B3} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,99 \text{ кА} \quad (2.12)$$

Определение сопротивлений схемы

Сопротивление автотрансформатора

$$X_B = X_2 = \frac{(U_{BH} + U_{BC} - U_{CH})}{n \cdot 100} \cdot \frac{S_B}{S_{ном тр}} = \frac{(35,7 + 11 - 21,9)}{1 \cdot 100} \cdot \frac{1000}{63} = 3,94 \text{ о.е.} \quad (2.13)$$

$$X_H = X_3 = \frac{(U_{BH} + U_{CH} - U_{BC})}{n \cdot 100} \cdot \frac{S_B}{S_{ном тр}} = \frac{(35,7 + 21,9 - 11)}{1 \cdot 100} \cdot \frac{1000}{63} = 7,4 \text{ о.е.} \quad (2.14)$$

$$X_4 = \frac{(U_{CH} + U_{BC} - U_{BH})}{n \cdot 100} \cdot \frac{S_B}{S_{H тр}} = \frac{(21,9 + 11 - 35,7)}{1 \cdot 100} \cdot \frac{1000}{63} \approx 0 \text{ о.е.} \quad (2.15)$$

ЭДС и сопротивление энергосистемы

$$E_C = \frac{U_C}{U_{B1}} = \frac{230}{230} = 1 \text{ о.е.} \quad (2.16)$$

$$X_C = \frac{U_C^2}{S_{КЗ}} \cdot \frac{S_B}{U_{B1}^2} = \frac{230^2 \cdot 1000}{5000 \cdot 230^2} = 0,2 \text{ о.е.} \quad (2.17)$$

Сопротивления воздушных линий

$$X_1 = \frac{X_L \cdot L_1 \cdot S_E}{n \cdot U_{B1}^2} = \frac{0,42 \cdot 35 \cdot 1000}{1 \cdot 230^2} = 0,278 \text{ о.е.} \quad (2.18)$$

– Расчет тока короткого замыкания в точке К1 (шины 220 кВ)

Периодическая слагаемая тока к.з. в именованных единицах, кА.

$$I_{k1}'' = I_{по} = \frac{E_C}{X_C + X_1} \cdot I_{B1} = \frac{1}{0,2 \cdot 0,278} \cdot 2,51 = 5,25 \text{ кА} \quad (2.19)$$

Ударный ток к.з., кА.

$$i_{yk1}'' = i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{по} \cdot K_y = \sqrt{2} \cdot 5,25 \cdot 1,85 = 13,74 \text{ кА}, \quad (2.20)$$

где  $K_y = 1 + e^{-0,01/\tau_a}$  показывает превышение ударного тока над амплитудой периодической составляющей;

– Расчет тока короткого замыкания в точке К2 (шины 10 кВ)

Периодическая слагаемая тока к.з. в именованных единицах

$$I_{k2}'' = I_{по} = \frac{E_C}{X_C + X_1 + X_2 + X_3} \cdot I_{B3} = 4,65 \text{ кА} \quad (2.21)$$

Ударный ток к.з.

$$i_{k2}'' = i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{по} \cdot K_y = \sqrt{2} \cdot 4,65 \cdot 1,85 = 12,16 \text{ кА}, \quad (2.22)$$

– Расчет тока короткого замыкания в точке К3 (шины 110 кВ)

Периодическая слагаемая тока к.з. в именованных единицах

$$I_{k3}'' = I_{по} = \frac{E_C}{X_C + X_1 + X_2 + X_4} \cdot I_{B2} = 1,14 \text{ кА} \quad (2.23)$$

Ударный ток к.з.

$$i_{k3}'' = i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{по} \cdot K_y = \sqrt{2} \cdot 1,14 \cdot 1,85 = 2,98 \text{ кА}, \quad (2.24)$$

## 2.4 Выбор основного электрооборудования подстанции

Для предпочтения аппаратов и проводников для первичных цепей электроустановок должны учитываться:

- прочность изоляции, необходимая для надежной работы в длительном режиме и при кратковременных перенапряжениях;
- допустимый нагрев токами в длительных режимах;
- стойкость в режиме короткого замыкания;
- технико-экономическая целесообразность;
- достаточная механическая прочность;
- допустимые потери напряжения в нормальном и аварийном режимах.

На напряжение 220 кВ выбираем:

- высоковольтные выключатели
- высоковольтные разъединители

– На напряжение 110 кВ выбираем:

- высоковольтные выключатели
- высоковольтные разъединители

– На напряжение 10 кВ выбираем:

- высоковольтные выключатели

Выбор аппаратуры высокого напряжения сводится к каталожным данным для сопоставления расчетных данных.

Составим таблицы сопоставления указанных расчетных и допустимых величин. Для надежной работы расчетные величины должны быть меньше допустимых.

## 2.5 Выбор выключателей на напряжение 220 кВ.

Выключатель – это коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения тока.

Выключатели являются основным коммутационным аппаратом в электрических установках, они употребляются для выключения и включения цепи в любых режимах: несинхронная работа, холостой ход длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание.

К выключателям высокого напряжения должны предъявляться высокие требования:

- надежность отключения любых токов;
- скорость действия;
- пригодность для быстродействующего автоматического включения;
- легкость ревизии и осмотра контактов;
- взрывобезопасность и пожаробезопасность;
- удобство транспортирования и эксплуатации.

Выключатели определяют по номинальным значениям напряжения и тока, по роду установки и условиям работы, по конструктивному выполнению, по отключающей способности. Предпочтительные выключатели испытывают на электродинамическую и термическую устойчивость при токах короткого замыкания и на предельный ток включения.

Расчётный ток определится по формуле:

$$I_{НОМ.Т} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 165,3 А \quad (2.25)$$

С учётом возможной перегрузки трансформаторов:

$$I_{МАХ.Т} = \frac{1,4 \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 231,5 А \quad (2.26)$$

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Условия выбора и проверки выключателей 220 кВ, 110 кВ, 10 кВ изложены в таблицах 2.2 – 2.4.

Таблица 2.2 – Выбор и проверка выключателей 220 кВ

Техническая характеристика и условное обозначение	Условие выбора и проверки	Выключатель 220 кВ типа ВМТ-220Б-20	
		Расчётные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение выключателя, $U_{\text{нв}}$ , кВ	$U_{\text{нв}} \geq U_{\text{н}}$	220	220
Расчётный длительный ток главных цепей, $I_{\text{рн}}$ , А	$I_{\text{рн}} \geq I_{\text{ном Т}}$	165,3	1000
Наибольший ток главных цепей, $I_{\text{рн}}$ , А	$I_{\text{рн}} \geq I_{\text{макс Т}}$	231.5	1000
Номинальный ток отключения, $I_{\text{но}}$ , кА,	$I_{\text{но}} \geq I''_{\text{к1}}$	5,25	20
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{\text{нд}}$ , кА	$i_{\text{нд}} \geq i^{(3)}_{\text{у к1}}$	13,74	52
Ток термической устойчивости, $I_{\text{ту}}$ , кА, за время $t_{\text{нту}}$	$I_{\text{ту}} = I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{\text{н}}}{t_{\text{нту}}}}$	$4,48 \cdot \sqrt{\frac{0,09}{3}} = 0,78$	20/3



Пояснения к таблице 2.2.

Пояснения к таблице 2.2.

$U_H$  - номинальное напряжение установки, кВ;

$I_{ном\ T}$  - номинальное значение тока трансформатора, А;

$I_{макс\ T}$  - наибольшее значение тока трансформатора, А;

$I''_{K2}$  - рассчитать действующее значение трехфазного тока короткого замыкания в момент размыкания контактов выключателя в точке К2, (принимается равным установившемуся току короткого замыкания  $I_\infty$ , кА (таблица ));

$i^{(3)}_y$  - расчетный ударный ток короткого замыкания, кА;

$I_\infty$  - установившийся ток короткого замыкания, кА;

$t_{\Pi}$  - приведенное время действия короткого замыкания,

$t_{\Pi} = 0,09$  с;

$t_B$  - время отключения выключателя (интервал времени от момента подачи релейной защитой импульса на катушку отключения до полного расхождения контактов выключателя), с

Время отключения выключателя  $t_B$  для предварительно выбранного выключателя составляет 0,08 с;

$t_{HTU}$  - время, которому отнесен номинальный ток термической устойчивости  $I_{HTU}$  (по данным завода - изготовителя). Для выключателей ВМТ-220Б-20 составляет 3 с.

Окончательно выбираем выключатель (В) типа ВМТ-220Б-20, мало-  
масляный (М), трехполюсный (Т);

номинальный ток отключения 20 кА;

предельный сквозной ток 52 кА;

ток термической стойкости 20 кА за время действия 3 с,

полное время отключения 0,08 с.

## 2.6 Выбор выключателей на напряжение 110 кВ

Расчётный ток определится по формуле:

$$I_{НОМ.Т} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 330,7 \text{ А} \quad (2.27)$$

С учётом возможной перегрузки трансформаторов:

$$I_{МАХ.Т} = \frac{1,4 \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 462,9 \text{ А} \quad (2.28)$$

Пояснения к таблице 2.3 аналогичны пояснениям к таблице 2.2.

$t_{П} = 0,09 \text{ с};$

Время отключения выключателя  $t_{в}$  для предварительно выбранного выключателя составляет 0,08 с;

$t_{НТУ}$  - время, к которому отнесен номинальный ток термической устойчивости  $I_{НТУ}$  для выключателей ВМТ-110Б-20 составляет 3 с.

Таблица 2.3 – Выбор и проверка выключателей 110 кВ

Техническая характеристика и условное обозначение	Условие выбо- ра и проверки	Выключатель 110 кВ типа ВМТ-110Б-20	
		Расчётные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение выключателя, $U_{\text{нв}}$ , кВ	$U_{\text{нв}} \geq U_{\text{н}}$	110	110
Расчётный длительный ток главных цепей, $I_{\text{рн}}$ , А	$I_{\text{рн}} \geq I_{\text{ном Т}}$	330,7	1000
Наибольший ток главных цепей, $I_{\text{рн}}$ , А	$I_{\text{рн}} \geq I_{\text{макс Т}}$	462,9	1000
Номинальный ток отклюече- ния, $I_{\text{но}}$ , кА,	$I_{\text{но}} \geq I''_{\text{кз}}$	1,14	20
Номинальный ток электро- динамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{\text{нд}}$ , кА	$i_{\text{нд}} \geq i^{(3)}_{\text{у кз}}$	2,98	52
Ток термической устойчи- вости, $I_{\text{ту}}$ , кА, за время $t$ НТУ	$I_{\text{ту}} = I_{\infty} \sqrt{\frac{t_n}{t_{\text{нту}}}}$	$1,82 \cdot \sqrt{\frac{0,09}{3}} = 0,315$	20/3

## 2.7 Выбор выключателей на напряжение 10 кВ

Расчётный ток определится по формуле:

$$I_{НОМ.Т} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{63000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 3464 A \quad (2.29)$$

С учётом возможной перегрузки трансформаторов:

$$I_{МАХ.Т} = \frac{1,4 \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{1,4 \cdot 63000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 4850 A \quad (2.30)$$

Пояснения к таблице 2.4 аналогичны пояснениям к таблице 2.2.

$t_{П} = 0,13$  с;

Принимаем выключатели типа ВМПЭ-20.

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Таблица 2.4 – Выбор и проверка выключателей 10 кВ

Техническая характеристика и условное обозначение	Условие выбора и проверки	Выключатель типа ВМПЭ-20	
		Расчётные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение выключателя, $U_{\text{нв}}$ , кВ	$U_{\text{нв}} \geq U_{\text{н}}$	10	10
Расчётный длительный ток главных цепей, $I_{\text{рн}}$ , А	$I_{\text{рн}} \geq I_{\text{ном Т}}$	3428,6	630
Наибольший ток главных цепей, $I_{\text{рн}}$ , А	$I_{\text{рн}} \geq I_{\text{макс Т}}$	4800	630
Номинальный ток отключения, $I_{\text{но}}$ , кА,	$I_{\text{но}} \geq I''_{\text{к2}}$	4,65	20
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{\text{нд}}$ , кА	$i_{\text{нд}} \geq i^{(3)}_{\text{ук2}}$	12,6	52
Ток термической устойчивости, $I_{\text{ту}}$ , кА, за время $t_{\text{нту}}$	$I_{\text{ту}} = I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{\text{н}}}{t_{\text{нту}}}}$	$7,07 \cdot \sqrt{\frac{0,13}{4}} = 1,27$	20/4

## 2.8 Выбор и проверка разъединителей 220 кВ.

Разъединители отдают предпочтение по номинальным значениям напряжения и тока, типу установки и условиям работы, конструктивному выполнению. Предпочтенные разъединители проверяют на электродинамическую и термическую устойчивость при токах короткого замыкания.

Условия выбора и проверки разъединителей изложены в таблице 2.5.

На ОРУ – 220 кВ к установке принимаем разъединитель РНДЗ-2-220/1000У1 - разъединитель наружной установки двухколонковый, с двумя (2) заземляющими ножами, напряжение 220 кВ, номинальный ток 1000 А, для работы в умеренном климате (У), категория размещения (1) на открытом воздухе.

Таблица 2.5 – Выбор и проверка разъединителей

Техническая характеристика и условное обозначение	Условие выбора и проверки	РНДЗ-2-220/1000У1	
		Расчетные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение, $U_{н.р.}$ , кВ	$U_{н.р.} \geq U_n$	220	220
Расчётный длительный ток главных цепей, $I_{РН}$ , А	$I_{РН} \geq I_{ном Т}$	163,6	1000
Наибольший ток главных цепей, $I_{РН}$ , А	$I_{РН} \geq I_{макс Т}$	229	1000
Номинальный ток электродинамической устойчивости (допустимый ударный ток при КЗ), $i_{нд}$ , кА	$i_{нд} \geq i^{(3)}_{у К1}$	13,03	100
Ток термической устойчивости, $I_{ту}$ , кА, за время $t_{нту}$	$I_{ту} = I_{\infty} \sqrt{\frac{t_n}{t_{нту}}}$	$I_{ту} = 2,94 \sqrt{\frac{0,175}{4}}$ = 0,61	40/4

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела является расчет сравнительной экономической эффективности капитальных вложений на реконструкцию подстанции и сопоставления разрабатываемых проектных вариантов. Рассмотрим два варианта:

- 1) установка двух автотрансформаторов типа АТДЦТН-125000/220/110
- 2) установка двух автотрансформаторов типа АТДЦТН-63000/220/110

#### 3.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости.

Для расчета основной заработной платы сотрудников составляем график выполнения работ таблица 5.1.2.

Для определения трудоемкости выполнения проекта сначала составим перечень основных этапов и видов работ, которые должны быть выполнены. Для определения ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож.}$  применим вариант, основанный на использовании трех оценок:  $t_{max}$ ,  $t_{min}$ ,  $t_{н.в.}$ .

$$t_{ож.} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{н.в.} + t_{max}}{6}$$

где  $t_{min}$  – кратчайшая продолжительность данной работы (оптимистическая оценка);

$t_{н.в.}$  – наиболее возможная, по мнению экспертов продолжительность работы (реалистическая оценка);

$t_{max}$  – самая длительная продолжительность работы.

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Парамонов А.В			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист
Провер.		Ф.И.О.					39
Реценз.		Ф.И.О.				ТПУ ИнЭО, гр. 3-9201	
Н. Контр.		Ф.И.О.					
Утверд.		Ф.И.О.					

Таблица 3.1.1 – Описание графика выполнения работ

Сотрудник	Количество дней	Обозначение на графике
Руководитель	90	.
Ведущий инженер	90	.
Инженер	90	.



Таблица 3.1.2 – Этапы выполнения работ и график выполнения работ

№ эта-па	Наименование рабо-ты	Потребная числен-ность, чел.	Продолжительность работы				График выполнения работ, дни													
			$t_{min}$	$t_{н.в.}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	1 - 6	7 - 11	12 - 18	19 - 23	24 - 28	29 - 33	34 - 38	39 - 46	47 - 50	51 - 54	55 - 67	68 - 83	84 - 90	
0-1	Разработка задания	Руководитель Ведущий инженер Инженер	5	6	7	6	<div></div>													
1-2	Подбор кадров	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5		<div></div>												
2-3	Сбор и изучение литературы	Руководитель Ведущий инженер Инженер	7	8	9	8			<div></div>											
3-4	Анализ полученной информации	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5				<div></div>										
4-5	Выбор варианта реконструкции	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5					<div></div>									
5-6	Выбор оборудования	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5						<div></div>								
6 - 7	Расчет токов КЗ и релейной защиты	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5							<div></div>							
7-8	Окончательный рас-чет варианта	Руководитель Ведущий инженер Инженер	7	8	9	8								<div></div>						
8-9	Доработка	Руководитель Ведущий инженер Инженер	3	4	3	4									<div></div>					
9- 10	Выводы и предложе-ния по проделанной работе	Руководитель Ведущий инженер Инженер	3	4	3	4										<div></div>				
10- 11	Оформление отчета по проделанной работе	Руководитель Ведущий инженер Инженер	12	13	14	13										<div></div>				
11- 12	Выполнение графиче-ской части	Руководитель Ведущий инженер Инженер	15	16	17	15											<div></div>			
12- 13	Проверка и сдача проекта	Руководитель Ведущий инженер Инженер	5	6	7	5												<div></div>		
Итого			77	90	92	90														

### 3.2 Расчет затрат на проектирование

Затраты, образующие себестоимость продукции группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- 1.материальные затраты;
- 2.оплата труда;
- 3.отчисления в социальные фонды;
- 4.амортизация основных фондов;
- 5.прочие затраты;
- 6.накладные расходы.

1. Материальные затраты включают в себя:

расходные материалы (бумага, картриджи для принтера, плоттера, ручки, изготовление слайдов), сведенные в приведенную ниже таблицу 3.2.1.

Таблица 3.2.1

Материальные затраты.

Материал	Единица измерения	Количество	Стоимость, руб.
Печатная бумага	Пачка	1	210
Диск CD-RW	Шт.	2	70
Канц. товары	Шт.	6	140
Картридж	Шт.	1	1100
ИТОГО			$I_M = 1520$

2. Расчет заработной платы.

$T_M$  - число дней работы.

$$ЗП_{\text{рук}} = ((29000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 177\,729 \text{ руб.},$$

где 29000- оклад

1,1 – коэффициент за неиспользованный отпуск

1,3 – районный коэффициент

$$ЗП_{\text{вед. инженер}} = ((25000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 153\,215 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{\text{инженер}} = ((15000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 90 = 91\,929 \text{ руб.},$$

Сводим расчеты в таблицу 3.2.3

Таблица 3.2.3

Заработная плата исполнителей.

Исполнители	Группа	Оклад р.	Время занято- сти дней	Зп, руб.
Руководитель	3	29000	90	177 729
Ведущий инженер	2	25000	90	153 215
инженер	2	15000	90	91 929
Итого				422 873

Фонд заработной платы  $\Phi ЗП = \sum ЗП_{исп}$ ,

$\Phi ЗП = 422\,873$  р.

3. Размер отчислений на социальные нужды составляет 26% от  $\Phi ЗП$ .

Сумма начислений на социальные нужды составляет:

$И_{сн} = 422\,873 \cdot 0,26 = 109\,947$  руб.

4. Амортизационные отчисления считаем по следующей формуле. Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений по формуле:

$$И_{ам} = \frac{T_{и}}{T_{кал}} \cdot H_a \cdot \Phi_n$$

где  $\Phi_n$  - первоначальная стоимость оборудования;

$H_a$  - норма амортизации;

$T_{и}$  - количество дней использования оборудования;

$T_{кал}$  - количество календарных дней в году.

## Амортизационные отчисления

Наименование	Количество	Ф <sub>п</sub> , р	Н <sub>а</sub> , %	Т <sub>идней</sub>	И <sub>ам</sub> р
Компьютер	3 Шт.	90 000	0,2	20	987
Принтер	1 Шт.	8 000	0,2	10	44
Стол	3 Шт.	45 000	0,1	53	604
Стул	3 Шт.	21 000	0,2	53	610
Итого					2245

Амортизационные затраты составляют И<sub>ам</sub> = 2245 рублей.

5. Прочие расходы :

$$И_{пр} = 0,1(ЗП + И_{м} + И_{ам} + И_{сн})$$

$$И_{пр} = 0,1(422873 + 1520 + 2245 + 109947) = 53659 \text{ руб.}$$

6. Накладные расходы принимаем 200% от ФЗП:

$$Н_p = 2 \cdot \text{ФЗП}$$

$$Н_p = 2 \cdot 422873 = 845\,746 \text{ р.}$$

Себестоимость проекта:

$$C_{п} = И_{м} + ЗП + И_{сн} + И_{ам} + И_{пр} + Н_p$$

$$C_{п} = 1520 + 422\,873 + 109947 + 2245 + 53659 + 845746 = 1435990 \text{ р.}$$

Принимаем рентабельность 20%, прибыль:

$$П_б = C_{п} \cdot 0,2$$

$$П_б = 1\,435\,990 \cdot 0,2 = 287\,198 \text{ р.}$$

Стоимость проекта:

$$Ц_{п} = C_{п} + П_б$$

$$Ц_{п} = 1\,435\,990 + 287\,198 = 1\,723\,188 \text{ руб}$$

Смета затрат представлена в таблице 3.2.5

Таблица 3.2.5

Смета затрат

Вид расходов	Обозначение	Сумма, р.
Материальные затраты	И <sub>м</sub>	1 520
Заработная плата	ЗП	422 873
Амортизация	И <sub>ам</sub>	2 245
Отчисления на социальные нужды	И <sub>сн</sub>	109 947
Прочие расходы	И <sub>пр</sub>	53 659
Накладные расходы	Н <sub>р</sub>	422 873
Себестоимость проекта	С <sub>п</sub>	1 435 990
Прибыль	П <sub>б</sub>	287 198
Стоимость проекта	Ц <sub>п</sub>	1 723 188

### 3.3 Расчет приведенных затрат по вариантам с одинаковой надежностью

Экономическим критерием, по которому определяют наивыгоднейший вариант, является минимум приведенных затрат, руб/год, вычисленных по формуле

$$З = p_H \cdot K + И \quad (3.1)$$

где  $p_H$  – норма дисконта, 1/год (для расчетов установок энергетики  $p_H = 0,15$ );

$K$  – единовременные капитальные вложения, руб.;

$И$  – ежегодные эксплуатационные затраты, руб.

### 3.4 Расчет капитальных вложений

Капитальные вложения  $K$  включают затраты на основные фонды и оборотные средства. Так как оборотные средства в системе электроснабжения невелики (1 – 2%), то ими можно пренебречь.

Основные фонды включают стоимость оборудования, затраты на установку, монтаж, наладку и пробный пуск оборудования и аппаратуры, затраты на транспортировку.

При расчетах принимаем средние значения начисления по видам дополнительных затрат в % к стоимости оборудования:

транспортировка	3 – 10 %
заготовительно-складские	1,2 – 1,5 %
установка и монтаж	5 – 20 %
пуск и регулировка	2 – 3 %

---

итого 11,2 – 34,5 %

В данном расчете принимается 20 %.

Результаты расчета сводим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Расчет капиталовложений на оборудование

№ варианта	Наименование электрооборудования	Кол-во шт.	Цена 1 шт. руб.	Дополнительные затраты руб.	Итого по варианту
1	Ячейка* автотрансформатора АТ-ДЦТН – 125000 кВ·А	2	1 552 500	3 105 000	6 210 000
2	Ячейка* автотрансформатора АТ-ДЦТН – 63000 кВ·А	2	1 347 500	2 695 000	5 390 000

\* Показатели стоимости ячейки автотрансформатора учитывают установленное оборудование (автотрансформатор, кабельное хозяйство в пределах ячейки и до панелей в ОПУ, а также панели управления, защиты и автоматики, установленные в ОПУ, относящиеся к ячейке, гибкие связи автотрансформаторов и др.), материалы, строительные и монтажные работы.

Расчет капиталовложений для каждого варианта:

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}}$$

Вариант 1.

$$K = 1\,723\,188 + 6\,210\,000 = 7\,933\,188$$

Вариант 2.

$$K = 1\,723\,188 + 5\,390\,000 = 7\,113\,188$$

### 3.5 Расчет ежегодных эксплуатационных затрат

Вторым важным, помимо капиталовложений, технико-экономическим показателем являются эксплуатационные затраты (издержки), необходимые для эксплуатации энергетического оборудования.

Эксплуатационные затраты, руб., определяются из следующей формулы:

$$I = I_{ам} + I_{обсл} + I_{пот} \quad (3.2)$$

Вариант 1.

$$507725 + 158664 + 676272 = 1342661$$

Вариант 2.

$$455245 + 142264 + 695544 = 1293053$$

где  $I_{ам}$  – ежегодные амортизационные отчисления, руб;

$I_{обсл}$  – годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования, руб;

$I_{пот}$  – стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Отчисления на амортизацию включают издержки на капитальный ремонт и на накопление средств, необходимых для замены (реновации) изношенного и морально устаревшего оборудования. Отчисления на амортизацию тем выше, чем меньше срок службы оборудования. Отчисления на обслуживание предназначены для поддержания оборудования в рабочем состоянии. Для предотвращения повреждений все элементы сети подвергаются периодическим осмотрам и профилактическим испытаниям. Эти мероприятия финансируются из отчислений на текущий ремонт.

Ежегодные амортизационные отчисления, тыс. руб.

$$I_{ам} = P_{ам} \cdot K \quad (3.3)$$

где  $P_{ам}$  – норма амортизационных отчислений, % (для силового электрооборудования  $P_{ам} = 6,4 \%$ )



Вариант 1.

$$I_{ам1} = 0,064 \cdot 7933188 = 507725 \text{ руб.} \quad (3.4)$$

Вариант 2.

$$I_{ам1} = 0,064 \cdot 7113188 = 455245 \text{ руб.} \quad (3.5)$$

Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт, руб.

$$I_{обсл} = P_{обсл} \cdot K \quad (3.6)$$

где  $P_{обсл}$  – норма затрат на обслуживание, % (для силового электрооборудования  $P_{ам} = 2\%$ ).

Вариант 1.

$$I_{обсл.1} = 0,02 \cdot 7933188 = 158664 \text{ руб.} \quad (3.7)$$

Вариант 2.

$$I_{обсл.2} = 0,02 \cdot 7113188 = 142264 \text{ руб.} \quad (3.8)$$

Стоимость годовых потерь активной электроэнергии, руб.

$$I_{пот} = \Delta P_T \cdot T_T \quad (3.9)$$

Вариант 1.

$$77,2 \cdot 8760 = 676272, \text{ руб.}$$

Вариант 2.

$$79,4 \cdot 8760 = 695544, \text{ руб.}$$

где  $\Delta P$  – среднегодовые потери активной мощности, кВт;

$T_T$  – годовое время включения электроустановки  $T_T = 8760$

ч/год.

Потери активной и реактивной мощности в автотрансформаторах сравниваемых вариантов определяем по формулам:

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot \beta^2, \text{ кВт} \quad (3.10)$$

Вариант 1.

$$65 + 305 \cdot 0,2^2 = 77,2, \text{ кВт}$$

Вариант 2.

$$45 + 215 \cdot 0,4^2 = 79,4, \text{ кВт}$$

где  $\Delta P_{xx}$   $\Delta P_{кз}$  – номинальные активные потери в стали и обмотках трансформатора, кВт;

$\beta$  – коэффициент загрузки трансформатора.

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{xx} + \beta^2 \cdot S_H \cdot U_K \% \cdot 1/100, \text{ квар} \quad (3.11)$$

$\Delta Q_{xx} = S_H \cdot I_{xx} \% \cdot 1/100$  – постоянная составляющая потерь реактивной мощности, квар.

$\Delta Q_{кз} = S_H \cdot U_K \% \cdot 1/100$  – реактивная мощность, потребляемая трансформатором при полной нагрузке, квар.

$I_{xx} \%$  - ток холостого хода, %.

$U_K \%$  - напряжение короткого замыкания, %.

Расчет потерь, технические данные автотрансформаторов сведем в таблицу 3.2.

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Таблица 3.2 – Расчет потерь в автотрансформаторах

№ варианта	Количество и технические данные автотрансформатора	Коэффициент загрузки $\beta$	Потери активной мощности $\Delta P$	Потери реактивной мощности $\Delta Q$
1	АДЦТН – 125 МВ·А $S_H = 125000 \text{ кВ·А}$ $\Delta P_{xx} = 65 \text{ кВт}$ $\Delta P_{кз} = 305 \text{ кВт}$ $I_{xx} \% = 0,5 \%$ $U_{кз} \% = 45 \%$ $S_{расч} = 25028,1 \text{ кВ·А}$	$\beta = 0,2$	77,2 кВт	2875 квар
	в 2 <sup>х</sup> АДЦТН – 125 МВ·А		154,4 кВт	5750 квар
2	АДЦТН – 63 МВ·А $S_H = 63000 \text{ кВ·А}$ $\Delta P_{xx} = 45 \text{ кВт}$ $\Delta P_{кз} = 215 \text{ кВт}$ $I_{xx} \% = 0,5 \%$ $U_{кз} \% = 35 \%$ $S_{расч} = 25028,1 \text{ кВ·А}$	$\beta = 0,4$	79,4 кВт	1726,2 квар
	в 2 <sup>х</sup> АДЦТН – 63 МВ·А		158,8 кВт	3452,4 квар

Результаты расчетов приведенных затрат сводим в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Приведенные затраты, руб

№	$Z = p_n \cdot K + I$	$p_n$	К	$I = I_{ам} + I_{обсл} + C_э$		
				$I_{ам}$	$I_{обсл}$	$I_{пот}$
1	2 532 640	0,15	7 933 188	507 725	158 664	676 272
2	2 360 032	0,15	7 113 188	455 245	142 264	695 544

Приведенные затраты за 5 лет, руб.

$$Z = p_n \cdot K + I \quad (3.12)$$

$$Z_1 = 0,15 \cdot 7933188 + 1342661 = 2532640 \text{ руб.}$$

$$Z_2 = 0,15 \cdot 7113188 + 1293053 = 2360032 \text{ руб.}$$

В результате произведенных расчетов оптимальным по экономическим показателям является вариант 2, характеризующийся минимальными приведенными затратами (на 12% ниже приведенных затрат по варианту 1). Следовательно, принимаем вариант с установкой двух автотрансформаторов мощностью по 63 МВА.

#### 4. Социальная ответственность.

Целью данного раздела является анализ вредных и опасных факторов, влияющих на окружающую среду при реконструкции подстанции 220кВ Западно-Сибирская.

##### 4.1 Производственная безопасность.

На предприятиях работающие могут подвергаться воздействию различных **опасных и вредных производственных факторов**.

**Вредный производственный фактор** – фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

**Опасный производственный фактор** - фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти.

Опасные и вредные производственные факторы подразделяются по ГОСТ 12.0.003 на следующие классы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

					ФЮРА.140205.000.ПЗ			
изм.	ист	№ докум.	Подпись	дата				
Разраб.		Парамонов А.В.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Панкратов А.В.					53	
Консульт.		Амелькович Ю.А.				ТПУ ИнЭО, гр. 3-9201		
Н. Контр.								

Классификация опасных и вредных производственных факторов представлена на рис. 2.

Такая классификация необходима для выявления опасных и вредных производственных факторов, которые могут иметь или имеют место на производстве, и в конечном итоге для полной нейтрализации или уменьшения влияния этих факторов.

Один и тот же опасный или вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным классам. Выбор методов и средств обеспечения безопасности должен осуществляться на основе выявления этих факторов, присущих тому или иному производственному оборудованию или технологическому процессу. Очень важно уметь идентифицировать опасность, т. е. выявить и признать, что опасность существует, и определить ее характеристики.



Рис. 2. Классификация опасных и вредных производственных факторов

#### 4.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ)

При эксплуатации подстанции Западно-Сибирская обслуживающий персонал подвергается воздействию следующих опасных и вредных факторов:

Опасные факторы:

- опасность поражения электрическим током;
- пожарная опасность;
- движущиеся машины и механизмы;

Вредные факторы:

- повышенный уровень электромагнитных полей;
- повышенный уровень статического электричества;
- отклонение освещенности;
- шумы и вибрации;
- микроклимат;
- повышенная запыленность и загазованность;

Для предотвращения влияния опасных факторов на персонал, обслуживающий подстанцию, предусматриваются следующие мероприятия:

- персонал должен действовать согласно ПТБ при работе в электроустановках;
- при невозможности ограничения времени пребывания персонала под воздействием электромагнитного поля необходимо применить экранирование рабочих мест: экраны над переходами, экранирующие козырьки и навесы над шкафами управления, съёмные экраны при ремонтных работах.
- установка заземляющего контура, заземление и зануление оборудования;
- соблюдение расстояний до токоведущих частей;
- выполнение организационно технических мероприятий для безопасного проведения работ.

Перед началом работ в условиях производственного риска необходимо выделить опасные для людей зоны, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ.

К зонам постоянно действующих опасных факторов относятся:

- места вблизи от незащищенных токоведущих частей электроустановок;
- места вблизи незащищенных перепадов по высоте 1,3 и более.

К зонам потенциально опасных производственных факторов следует относить:

- участки территории вблизи строящегося сооружения;
- зоны перемещения машин, оборудования или их частей, рабочих органов.

Места временного или постоянного нахождения работников должны располагаться за пределами опасных зон.

На границах зон постоянно действующих производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов - сигнальные ограждения и знаки безопасности.

#### **4.1.2 Влияние опасных и вредных производственных факторов на персонал**

##### **Поражения людей электрическим током.**

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работники не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Согласно ПУЭ (см.п.1.1.13) в отношении опасности поражения людей электрическим током территория подстанции приравнивается к особо опасным помещениям.

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



При производстве работ на действующей подстанции необходимо соблюдать требования к защите людей от опасного и вредного воздействия электрического тока в соответствии со следующими нормативными документами:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- СНиП 12-03-99 «Безопасность труда в строительстве».

Персонал строительных организаций, выполняющий работы в действующих электроустановках относится к командированному персоналу.

Допуск к работе этого персонала производится в соответствии с требованиями глав XLVI и XLVII - Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Строительно-монтажные работы с применением машин в охранной зоне действующей линии электропередачи и на ОРУ подстанции следует производить под непосредственным руководством лица, ответственного за безопасность производства работ, при наличии письменного разрешения организации владельца линии и наряда-допуска, определяющего безопасные условия работ и выдаваемого в соответствии с требованиями п.4.12 СНиП12-03-99 при выполнении требуемых мер безопасности.

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и механических средств, обеспечивающих защиту людей от воздействия электрического тока, электрической дуги электромагнитного поля и статического электричества.

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям применяются следующие способы и средства:

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

- защитные оболочки (трубы, лотки, броня кабелей);
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);
- изоляцию рабочего места;
- защитное отключение;
- предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности
- средства индивидуальной защиты.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциала;
- малое напряжение;
- контроль изоляции.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Для защиты обслуживающего персонала от поражений электрическим током выше 1000 В в распоряжении персонала имеются следующие защитные средства:

а) основные:

- изолирующие штанги;
- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- указатели напряжения для фазировки.

б) дополнительные:

- диэлектрические перчатки, боты, коврики;

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

- изолированные подставки, накладки;
- диэлектрические колпаки;
- переносные заземления;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

К работе в электроустановках допускаются лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний.

Для обеспечения безопасности работ в электроустановках выполняется:

- отключение установки (части установки) от источника питания;
- проверка отсутствия напряжения;
- механическое запирающее устройство приводов коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- заземление отключенных токоведущих частей (наложение переносных заземлителей, включение заземляющих ножей);
- ограждение рабочего места или остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние.

При проведении работ на токоведущих частях, находящихся под напряжением проводится выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, с применением электрозащитных средств, с обеспечением безопасного расположения работающих и используемых механизмов и приспособлений.

Мероприятия на ПС:

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

- ОРУ ограждается забором, аппараты устанавливаются на металлических конструкциях высотой до токоведущих частей 3,2 м, ввод в ЗРУ выполняется на высоте 3,2 м;
- к обслуживанию электрооборудования допускается персонал с группой допуска не ниже IV группы;
- для аварийного слива масла предусмотрен бетонированный маслоприемник;
- в тёмное время суток на ПС предусматривается освещение двумя мачтовыми прожекторами и светильниками, установленными на здании закрытого распределительного устройства (ЗРУ) и на площадке молниеотвода;
- защитное заземление ПС выполняется искусственным заземлителем, соединённым стальной полосой; сопротивление заземления не более 0,5 Ом;
- для молниезащиты на ПС устанавливаются три стержневых молниеотвода, обеспечивающие надёжную защиту от прямых ударов молнии и грозозащитные тросы на вводах ВЛ 110 кВ на расстоянии 0,5 км перед ПС, для защиты от перенапряжения оборудование защищено ограничителями перенапряжения нелинейными типа ОПН.;
- освещение запитывается от трансформаторов собственных нужд, предусматривается АВР;
- предусматриваются пожарный щит, ящики с песком, углекислотные огнетушители;
- для исключения ошибочных действий персонала при производстве оперативных переключений в распределительных устройствах подстанции предусмотрена электромагнитная блокировка;
- для работы под напряжением рабочие обеспечиваются средствами защиты (резиновыми перчатками, изолирующими штангами, диэлектрическими ботами, резиновыми ковриками, инструментом с изолирующими рукоятками).

При авариях, связанных с утечкой масла из трансформаторов, для сбора масла под каждым трансформатором устроен маслоприёмник, выступаю-

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

щий за габариты на 1,5 м. Маслоприёмник выполнен на полный объём масла содержащегося в трансформаторе – 13 тонн.

### **Движущиеся машины и механизмы**

Зоны перемещения машин, оборудования или их частей относятся к зонам потенциально опасных производственных факторов. Размеры опасных зон устанавливаются согласно. Границы опасных зон вблизи движущихся частей машин и оборудования определяются в пределах 5 м. [29]

При техническом обслуживании машин с электроприводом должны быть приняты меры, не допускающие случайной подачи напряжения.

Места временного или постоянного нахождения работников должны располагаться за пределами опасных зон. На границах зон должны быть установлены защитные ограждения, сигнальные ограждения и знаки безопасности.

Конструкция производственного оборудования должна исключать на всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих.

Конструкция производственного оборудования должна исключать самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей, а также исключать перемещение подвижных частей за пределы, предусмотренные конструкцией, если это может повлечь за собой создание опасной ситуации. [29]

### **Повышенная напряженность электромагнитного поля**

Вредное воздействие на работников подстанции оказывают электрические поля промышленной частоты (50 Гц). В ОРУ 110 кВ токоведущими частями создается переменное электромагнитное поле. Предельно-допустимые уровни (далее ПДУ) напряжённости согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» представлены в таблице 5.1.

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Таблица ПДУ напряженности магнитного поля, кА/м

Время воздействия за рабочий день, минуты	ПДУ напряженности, кА/м	
	Общее	Локальное
0-10	24 000	40 000
11-60	16 000	24 000
61-480	8 000	12 000

Электрическое поле неблагоприятно влияет на центральную нервную систему человека, вызывает учащенное сердцебиение, повышенное кровяное давление и температуру тела. Работоспособность человека падает. Он быстро утомляется. Воздействие на человека электрического поля зависит от его напряженности и длительности пребывания в зоне влияния.

Нормирование электромагнитных полей осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируется СанПиН 2.2.4.1191-03, ГОСТ 12.1.002-84, а для электромагнитных полей радиочастот - в ГОСТ 12.1.006-84.

Нормы для электрической напряженности (без применения защитных средств), согласно ГОСТ 12.1.002-84 приведены в таблице

Таблица Допустимое время пребывания в электромагнитном поле

Напряженность поля E, кВ/м	5	10	15	20	25
Допустимое время пребывания в электрическом поле	8ч	3ч	1,5ч	10мин	5мин

В электроустановках 330кВ и выше для снижения воздействия электромагнитного поля на персонал применяют сетчатые экраны, навешивают экранирующие козырьки и тросы, которые надежно заземляют. Козырьки устанавливают под шкафами аппаратуры управления, щитками и сборками.

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Навесы устанавливают над проходами и участками ОРУ, с которых осматривается оборудование. Также используют временные передвижные экраны.

Для защиты от воздействия электрического поля применяют защитные костюмы из металлизированной ткани, снабженные гибким проводом для заземления. Этот костюм полностью экранирует тело человека и исключает протекание по нему емкостного тока.

На проектируемой подстанции защита эксплуатационного персонала выполняется путем соблюдения расстояний до токоведущих частей и ограничения пребывания персонала в электромагнитном поле. Время пребывания эксплуатационного персонала на подстанции распределяют таким образом, чтобы оно не превышало допустимых значений в зависимости от напряженности поля. В местах, где время пребывания персонала невозможно ограничить, выполнено экранирование рабочих мест при помощи козырьков и навесов над шкафами управления. При ремонтных работах используются съемные экраны.

### **Микроклимат**

#### **Оптимальные условия микроклимата**

Холодный и летний период года - ( $t$  ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ ) на постоянных рабочих местах

Характеристика производственных помещений:

-помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты ( $23 \text{ Вт/м}^2$  и менее)

Категория работ: средней тяжести-IIб ( $233\text{-}290 \text{ Вт}$ )

Температура воздуха-  $17,0\text{-}19,0^{\circ}\text{C}$

Относительная влажность воздуха –  $60\text{-}40\%$

Скорость движения воздуха: Не более  $0,2 \text{ м/с}$ ,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест:  $13\text{-}20^{\circ}\text{C}$ ,

Тёплый период года - ( $t$   $+10^{\circ}\text{C}$  и выше) на постоянных рабочих местах

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Характеристика производственных помещений:

-помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м<sup>2</sup>)

Категория работ: средней тяжести -Пб (233-290) Вт

Температура воздуха- 19,0-21,0 °С

Относительная влажность воздуха – 60-40%

Скорость движения воздуха: 0,2м/с,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: не более чем на 3 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч. самого жаркого месяца.

#### **Допустимые условия микроклимата**

Холодный и летний период года - (t ниже +10°С) на постоянных рабочих местах.

Характеристика производственных помещений:

-помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты (23 Вт/м<sup>2</sup> и менее)

Категория работ: средней тяжести-Пб (233-290) Вт

Температура воздуха- 15,0-22,0 °С

Относительная влажность воздуха – 15-75%

Скорость движения воздуха: 0,2-0,4 м/с,

Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: 14-23 °С,

Тёплый период года - (t +10°С и выше) на постоянных рабочих местах

Характеристика производственных помещений:

-помещения, характеризующиеся незначительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м<sup>2</sup>)

Категория работ: средней тяжести -Пб (233-290) Вт

Температура воздуха- 16,0-27,0 °С

Относительная влажность воздуха – 15-75%

Скорость движения воздуха: 0,2-0,5 м/с,

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



Температура воздуха вне постоянных рабочих мест: не более чем на 5 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч. самого жаркого месяца.

Тепловое излучение: Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.), не должны превышать 140 Вт/м<sup>2</sup>. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

По Санитарным правилам и нормам СанПиН 2.2.4.548-96 температура наружных поверхностей технологического оборудования и ограждений на рабочем месте не должна превышать 45 °С.

Облучаемая поверхность тела, %	50 и более	25...50	Не более 50
Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более	35	70	100

В холодные и теплые периоды параметры микроклимата обеспечиваются:

- отоплением;
- естественная и искусственная вентиляция;
- системой кондиционирования воздуха;

#### **Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны**

Состояние воздушной среды характеризуется уровнем запыленности или загазованности воздуха рабочей зоны. Выполнение различных производственных работ нередко сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ, которые могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья человека. Для воздуха рабочей зоны производ-

ственных помещений в соответствии с установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК, используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции.

Производственные помещения, в которых происходит выделение пыли, должны иметь гладкую поверхность стен, потолков, полов и регулярно очищаться от пыли.

### **Освещение**

Рабочее и аварийное освещение во всех помещениях, на рабочих местах и на открытой территории должно обеспечивать освещенность согласно ведомственным нормам и "Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий". СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*

Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения отличительными знаками или окраской.

Аварийное и рабочее освещение в нормальном режиме должно питаться от общего источника.

Присоединение к сети аварийного освещения переносных трансформаторов и других видов нагрузок, не относящихся к этому освещению, запрещается. Сеть аварийного отключения должна быть без штепсельных розеток. Питание сети освещения по схемам, отличных от проектных, запрещается.

Переносные ручные светильники ремонтного освещения должны питаться от сети напряжением не выше 42 В, а при повышенной опасности поражения электрическим током – не выше 12 В.

Вилки 12-42 В не должны подходить к розеткам 127 и 220 В. Розетки должны иметь надписи с указанием напряжения.

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Оперативно-ремонтный персонал даже при наличии аварийного освещения должен быть снабжен переносными электрическими фонарями.

Очистку светильников должен выполнять по графику специально обученный персонал. Периодичность очистки должна быть установлена с учетом местных условий.

Осмотр и проверка осветительной сети должны проводиться в следующие сроки:

проверка исправности аварийного освещения при отключении рабочего освещения – 2 раза в год;

измерение освещенности рабочих мест – при вводе в эксплуатацию и в дальнейшем по мере необходимости;

испытание изоляции стационарных трансформаторов 12-42 В – 1 раз в год, переносных трансформаторов и светильников 12-42 В – 2 раза в год.

Проверка состояния стационарного оборудования и электропроводки аварийного и рабочего освещения, испытание и измерение сопротивления изоляции должны проводиться при пуске в эксплуатацию, а в дальнейшем - по графику, утвержденному главным инженером энергопредприятия.

Нормирование естественного освещения согласно СНиП 23-05-95, по назначению помещений предусмотрены следующие уровни освещенности в помещениях:

- производственные помещения – 500 - 600 люкс.

Наименование цеха, отделения, участка, технологической операции, оборудования, рабочего места	Освещенность, лк		
	при комбинированном освещении		при общем освещении
	общее + местное	общее	

<b>Цехи металлоконструкций</b>			
23. Заготовительные отделения, участки			
23.1. Общий уровень освещенности по отделению	-	-	200
23.2. Разметка металла	5 00	150	200
23.3. Раскрой на механических ножницах, обработка на торцефрезерных, правильно-вальцовочных станках	2 00	150	200
24. Заготовительные отделения, участки на открытых площадках	-	-	50
25. Сверловочный участок			
25.1. Общий уровень освещенности по участку			150
25.2. Сверлильные станки	7 50	150	

### Шум

Шум на производстве наносит большой ущерб, вредно действуя на организм человека и снижая производительность труда.

На подстанции установлены трансформаторы типа ТДТН 40000кВА. Уровень звука от трансформатора должен быть не более допустимого 75 дБА, согласно «СНиП 23-03-2003 защита от шума». Для снижения уровня звука до допустимого, проектом предусматривается у силовых трансформаторов установка шумозащитных перегородок.

Для измерения шума применяют шумометры, анализаторы и другие приборы. Все измерения производят в соответствии с ГОСТом 12.1050-86 и ГОСТом 23941-79.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ защита от шума, создаваемого на рабочих местах внутренними источниками, а также шума, проникающего из вне, осуществляется следующими методами:

- уменьшение шума в источнике;

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

- предупреждение распространения шума;
- изоляция источника шума и поглощение шума;
  - применение средств коллективной (ГОСТ 12.1.029-80) и индивидуальной (ГОСТ 12.14.051-87) защиты;
  - рациональной планировкой и акустической обработкой рабочих мест.

Наиболее рациональной мерой является уменьшение шума в источнике или же изменение направления излучения.

Электромагнитный шум ослабляется уменьшением потока рассеяния, устранением близко расположенных магнитных материалов.

Снижение шума достигается следующими методами:

1. Звукоизоляция ограждающих конструкций.
2. Использование экранов и зеленых насаждений.
3. Применение глушителей аэродинамического шума, звукопоглощающей облицовки в газовоздушных трактах вентиляционных систем.

### **Вибрация**

При эксплуатации тепловых пунктов источником вибрации являются включенные трансформаторы с электроприводами. Технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации – электрические агрегаты - называют общей вибрацией 3 категории. Общую вибрацию на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий категории относят к типу 3а.

Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории 3 - технологического типа "а" принимаются согласно таблице

Средне- геометрические частоты октавных полос, Гц	Значения весовых коэффициентов			
	для виброускорения		для виброскорости	
	$K_i$	$L_{ki}$	$K_i$	$L_{ki}$
8	1,0	0	0,5	-6
16	1,0	0	1,0	0
31,5	0,5	-6	1,0	0
63	0,25	-12	1,0	0
125	0,12	-18	1,0	0
5				
250	0,06	-24	1,0	0
3				
500	0,03	-30	1,0	0
15				
1000	0,01	-36	1,0	0
6				

### Меры защиты от вибрации

При проектировании технологических процессов и производственных зданий и сооружений должны быть выбраны машины с наименьшей вибрацией; разработаны схемы размещения машин с учетом создания минимальных уровней вибрации на рабочих местах; произведена оценка ожидаемой вибрационной нагрузки на оператора; выбраны строительные решения оснований и перекрытий, обеспечивающие выполнение требований вибрационной безопасности труда.

При проведении организационно-технических мероприятий, направленных на соблюдение технического состояния машин в процессе эксплуатации следует предусматривать своевременное проведение планового и предупредительного ремонта машин, совершенствование режимов работы машин, применение средств индивидуальной защиты, введение и соблюдение режи-

мов труда и отдыха работающих, соблюдение сроков контроля вибрационных характеристик машин и вибрационной нагрузки на оператора.

Периодичность контроля вибрационной нагрузки на оператора при воздействии локальной вибрации должна быть не реже 2 раз в год, общей – не реже раза в год. [35]

#### 4.2 Экологическая безопасность.

Требования экологической безопасности.

Для подстанций, размещаемых в районе жилой и промышленной застройки, должны предусматриваться мероприятия по снижению шума, создаваемого работающим электрооборудованием (трансформаторами), до значений, допустимых санитарными нормами.

На подстанциях напряжением 6 - 20 кВ в зонах пребывания обслуживающего персонала напряженность магнитного поля должна

соответствовать требованиям [ГОСТ 12.1.002](#) и [СанПиН 2.2.4.1191-03](#) [2].

Для комплектных, столбовых, мачтовых, КТП шкафного типа с вертикальной компоновкой оборудования и киоскового типа с воздушными вводами и выводами расстояние от жилых зданий до трансформаторных подстанций следует принимать не менее 10 м при условии обеспечения допустимых нормальных уровней звукового давления (шума).

Экология подстанций

Снижение негативного воздействия на окружающую среду и человека рекомендуется осуществлять на основе:

- применения сухих трансформаторов и конденсаторов с экологически чистым жидким диэлектриком;
- снижения уровня шума электрооборудования;
- применения электрооборудования, обеспечивающего электрическую, пожарную и взрывобезопасность;
- снижения отвода земель для подстанции и (а также) восстановления нарушенных в процессе строительно-монтажных работ участков земли;

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

- принятия мер по полному предотвращению попадания трансформаторного масла на поверхность земли;
- применения устройств, предотвращающих гибель животных и птиц.

Для обеспечения безопасности персонала и защиты его от светового и теплового воздействия дуги над ручными приводами разъединителей устанавливать козырьки или навесы из негорючего материала. Сооружение козырьков не требуется у разъединителей напряжением 6 - 20 кВ, если отключаемый ток холостого хода не превышает 3А, а отключаемый зарядный - 2А.

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

При проектировании электросетевых объектов должны быть выполнены следующие требования в части обеспечения экологической безопасности ПС: - предотвращение попадания трансформаторного масла на рельеф местности; - применение, где это возможно, сухих реакторов, трансформаторов и конденсаторов, оптико-электронных измерительных трансформаторов;

- соблюдение требований по пожарной безопасности; - применение взрывобезопасного оборудования; - соблюдению требований ГОСТов и санитарных норм в области:

- электрических полей;
- магнитных полей;
- электростатических полей;
- электромагнитных помех;
- шума;
- качества атмосферного воздуха;
- качества воды.



Для маслонаполненного оборудования должно быть организовано централизованное масляное хозяйство, оборудованное резервуарами для хранения масла, насосами, оборудованием для очистки, осушки и регенерации масел, передвижными маслоочистительными и дегазационными установками, емкостями для транспортировки масла.

На территории ОРУ подстанций следует предусматривать устройства по сбору и удалению масла (при наличии маслонаполненного оборудования) с целью исключения возможности растекания его при аварии по территории и попадания в водоемы.

При массе масла или негорючего экологически безопасного диэлектрика в одном баке более 600 кг должен быть устроен маслоприемник, рассчитанный на полный объем масла, или на удержание 20% масла с отводом в маслосборник.

Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторов (реакторов) с количеством масла более 1т в единице, должны быть выполнены [2] маслоприемники, маслоотводы и маслосборники с соблюдением следующих требований.

Одним из важнейших факторов влияния на окружающую среду является хозяйственная деятельность человека - промышленность, транспорт, строительство сельское хозяйство. Деятельность человека вносит существенные изменения в биосферу в целом. В результате выбросов в атмосферу отходов производства изменяется ее химический состав, стоки промышленных загрязненных вод в водоемы загрязняют почву и источники водоснабжения, гидростроительство влияет на климат прилегающих районов.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-76 (основные положения), ГОСТ 17.2.1.01-76 (атмосфера), ГОСТ 17.1.1.02-77 (гидросфера) и другими нормативными документами, которые предусматривают:

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- ограничение поступления в окружающую среду промышленных, Транспортных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод и выбросов в атмосферу;

- рациональное использование и охрану водоемов;

- рациональное использование и охрану биологических ресурсов;

- сохранение и рациональное использование земли;

- обеспечение воспроизводства диких животных, поддержание в благоприятном состоянии условий их обитания;

- улучшение использования недр и др.

Федеральный закон от 10 января 2002г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды", который в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия призван способствовать формированию и укреплению экологического правопорядка и обеспечению экологической безопасности.

Требования, относящиеся к энергопредприятиям, следующие:

- размещение, проектирование, строительство и эксплуатация энергопредприятий, установок и иных объектов осуществляется в соответствии с требованиями статей 40-45 настоящего закона.

При работе электроустановок должны применяться меры для предупреждения или ограничения прямого или косвенного воздействия на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ, сбросов сточных вод в водоемы.

Для исключения загрязнения почвы и сточных вод трансформаторным маслом, на данной подстанции предусмотрены:

- в связи с наличием в ОРУ маломасляных выключателей устанавливаются стационарные баки и маслоочистительные устройства;

- доставка чистого масла и вывозка отработанного масла предусматривается в передвижных емкостях, под трансформатором предусмотрены маслоприемники, рассчитанные на 110 % объема масла содержащегося в трансформаторе. Маслоприемники оборудованы металлическими решетками с

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

насыпанным на них слоем гравия или щебня, заменяемыми по мере загрязнения.

Твердые отходы такие как пластик, стекло, металлы утилизируются на специальный полигон.

В период реконструкции подстанции:

- уровень загрязнения атмосферного воздуха от источника предприятия не превысит санитарных нормативов, даже с учетом существующего фона;
- строительство объекта не сопряжено с каким-либо существенным воздействием на геологическую среду и подземные воды, и таким образом, не приведет к отрицательным изменениям данных компонентов ОС;
- строительство проектируемого объекта не окажет негативного воздействия на состояние природных вод;
- строительство объекта не приведет к негативному воздействию на растительный и животный мир прилегающих к участку отвода территорий;
- основным источником шума в период строительства объекта будет являться работа строительной техники. Вклад в общий уровень шума будет крайне незначительным;
- при проведении строительных работ возведение и использование крупных источников загрязняющих веществ, могущих повлиять на ОС и здоровье населения - не планируется;
- основными источниками отходов, образующихся в данный период, будут являться строительные материалы. Преобладающим видом отходов будет – отходы битума, демонтированный песок. Остальные виды представлены только небольшим количеством. Все, образующиеся в результате реконструкции объекта, отходы запланировано временно хранить и утилизировать (по мере накопления) в соответствии с действующими санитарно – экологическими требованиями;
- реконструкция объекта не приведет к ухудшению современного состояния здоровья населения ближайших жилых зон.

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

### 4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Различные виды ПС строятся, как правило на участках земли не пригодных для жилищного использования, поэтому территория ПС может пострадать от наводнения, весенних паводковых вод, землетрясения и т.п. поэтому на энергетических предприятиях постоянно действуют комиссии, в функции которых входит контроль и незамедлительное принятие мер по устранению угрозы затопления энергообъекта, предотвращения разрушений фундаментов под оборудованием, зданий сооружений. К таким работам относятся: ремонты и укрепления фундаментов, при необходимости возведение дамб (при угрозе затопления), откачка воды из кабельных каналов, полуэтажей, подвалов. ПС находящиеся в лесных массивах опаживаются по периметру ограждения для защиты от лесных пожаров. На ПС с местным дежурным и ремонтным персоналом, при подземных толчках (землетрясении), персонал должен быть немедленно выведен из зданий, сооружений, во избежание завала людей разрушающимися конструкциями.

Чрезвычайные ситуации возникают в результате землетрясений, наводнений, ураганов, снегопадов и других стихийных бедствий, а также крупных аварий, взрывов, пожаров, катастроф на предприятиях, транспорте, продуктопроводах и военных конфликтов. (ГОСТ Р.22.0.02-94).

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери или нарушение условий жизнедеятельности людей.

Чрезвычайные ситуации классифицируются по следующим основным признакам:

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

- По сфере возникновения (технологические, природные, экологические, социально-политические и т. д.).
- По ведомственной принадлежности (в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте и т.д.).
- По масштабу возможных последствий (глобальные, региональные, местные).
- По масштабу и уровням привлекаемых для ликвидации последствий сил, средств и органов управления.
- По сложности обстановки и тяжести последствий.
- По характеру лежащих в ее основе явлений и процессов.

Основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций:

- Результат стихийных бедствий и особо опасных инфекций.
- Воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии металлов, конструкций, сооружений и снижение их физико-механических показателей.
- Проектно-производственные дефекты сооружений.
- Воздействие технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений (нагрузки, высокие температуры, скорость, вибрация).
- Нарушение правил эксплуатации сооружений и технических процессов.
- Нарушение правил техники безопасности при ведении работ и технологических процессов.
- Ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и их некомпетентностью и безответственностью и т. д.

Объекты электроэнергетики находятся в зоне, где возможны следующие чрезвычайные ситуации:

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

- наводнение вследствие весеннего паводка;
- повреждение высоковольтных ЛЭП при порывах сильного ветра;
- повреждение высоковольтного оборудования вследствие удара молнии.

**Пожарная и взрывная безопасность** – это система организационных и технических средств, направленных на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов, ограничение их последствий [30].

Пожары представляют большую опасность для людей и могут причинить огромный материальный ущерб. Основной причиной пожара в рассматриваемом помещении является неисправность электрооборудования, короткое замыкание, нагрев проводов и загорание изоляции, перезагрузка электрических сетей электропроводки, однако, пожар может возникнуть и при неосторожном обращении с огнем.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Понятие пожарной профилактики включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшения его последствий. Под активной пожарной защитой понимаются меры, обеспечивающие успешную борьбу с возникающими пожарами или взрывоопасной ситуацией. На промышленных объектах проводятся противопожарные профилактические мероприятия как для предотвращения пожаров, так и для создания условий, затрудняющих распространение огня и облегчающих борьбу с ним в очаге ядерного поражения [30].

В соответствии с ФЗ РФ от 22.07.2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также с правилами и требованиями учтены требования и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Категория помещения Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении

А — повышенная взрывопожароопасность Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком ко-

					ФЮРА.140205.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

личестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

Б — взрывопожароопасность Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрыво-опасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

В1 — В4 — пожароопасность Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Г — умеренная пожароопасность Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Д — пониженная пожароопасность Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

В связи с тем, что ПС 220 кВ Западно-Сибирская относится к III группе по классификации пожароопасных зон (ПС с трансформаторами единичной мощности до 63 тыс. кВА или общей мощностью до 126 тыс. кВА) установка дополнительных средств пожаротушения на подстанции не требуется [30].

					ФЮРА. 140205. 008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

***К первичным средствам пожаротушения относятся все виды переносных передвижных огнетушителей, оборудование пожарных кранов, ящики с песком, а также огнестойкие ткани (асбестовое полотно).***

Применяются следующие типы огнетушителей:

ОУ-5 (10 или 80) – огнетушитель углекислотный, вместимостью 5 (10 или 80 килограммов). Служит для тушения пожаров и загораний классов В, Е (только электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В). Преимуществом углекислотных огнетушителей является возможность тушения электроустановок под напряжением и производственных помещений с огнеопасными жидкостями без нанесения ущерба от огнетушащего вещества товарам и оборудованию. Огнетушащее вещество – двуокись углерода.

ОП-5 (10, 100)– огнетушитель порошковый, вместимостью 5 (10 или 100 литров) предназначен для тушения загораний тлеющих материалов, горючих жидкостей, газов и электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000 В, на промышленных предприятиях, складах хранения горючих материалов, а также на транспортных средствах.

ОУБ-8 – огнетушитель этиловый, вместимостью 8 килограммов

ОХП – огнетушитель бромхладоновый

В соответствии с «Правилами пожарной безопасности для энергетических предприятий» СО34.03.301-00, а также РД 153-34.0-49.101-2003 «Инструкция по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий», все кабели, предусмотренные проектом, принимаются с изоляцией, не распространяющей горение. При прокладке кабелей в кабельных лотках и при проходе кабелей через строительные конструкции зданий предусматриваются противопожарные уплотнения со степенью огнестойкости 0,75 часа.

На территории ОРУ следует периодически скашивать траву и удалять. Запрещается выжигать сухую траву на территории объекта и прилегающих к ограждению площадках.

					ФЮРА.140205.008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79



Первичные средства пожаротушения в дежурном помещении должны размещаться у входов. На территории ОРУ первичные средства пожаротушения должны размещаться на специальных постах в удобном для персонала месте. В тамбуре вновь устанавливаемого ОПУ предусмотрена установка первичного средства пожаротушения – огнетушителя.

В местах установки на ОРУ передвижной пожарной техники (в соответствии с планом пожаротушения) должны быть обозначены и оборудованы места заземления.

Наличие в подстанциях маслонаполненных аппаратов и контактов в электрических цепях, где возможен нагрев или искрообразование, определяет особую пожароопасность. Поэтому в местах хранения или наличия масла категорически запрещается курение и применение открытого огня.

Надежная эксплуатация трансформаторов и их пожарная безопасность должны обеспечиваться:

- соблюдением номинальных и допустимых режимов работы в соответствии с ПТЭ;
- соблюдением норм качества масла, а особенно его изоляционных свойств и температурных режимов;
- содержанием в исправном состоянии устройств охлаждения, регулирование и защиты оборудования;
- качественным выполнением ремонтов основного и вспомогательного оборудования, устройств автоматики и защиты;
- маслоприемные устройства под трансформатором, маслоотводы (или специальные дренажи) должны содержаться в исправном состоянии для исключения при аварии растекания масла и попадания его в кабельные каналы и другие сооружения;
- при образовании на гравийной засыпке твердых отложений от нефтепродуктов толщиной не менее 3 мм. или появлении растительности и в случае невозможности ее промывки должна осуществляться замена гравия;

					ФЮРА.140205.008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

- бортовые ограждения масло приемных устройств должны выполняться по всему периметру гравийной засыпки без разрывов и высотой не менее 150 мм. над землей;

- на ОРУ аварийные емкости для приемки масла от трансформаторов должны проверяться не реже 2 раза в год, а также после обильных дождей, таяния снега или тушения пожара;

- горловина выхлопной трубы трансформатора не должна быть направлена на рядом (ближе 30 м.) установленное оборудование и сооружение, а также на пути прохода персонала;

- при возникновении пожара на трансформаторе он должен быть отключен от сети всех напряжений и заземлен, если не отключился от действия релейной защиты, персонал должен вызвать пожарную команду и далее действовать по указаниям оперативных карточек пожаротушения;

- запрещается при пожаре на трансформаторе или масляном выключателе сливать масло из корпуса, так как это может привести к распространению огня на его обмотку и затруднить тушение пожара.

Монтажные и пусконаладочные работы следует проводить в строгом соответствии с Правилами пожарной безопасности ППБ01-03 «Правила пожарной безопасности Российской Федерации» и РД 153-34.0-03.301-00.

1. Установленный противопожарный режим на предприятии является обязательным для персонала подрядных, ремонтных, строительно-монтажных и наладочных организаций и должно строго выполняться, за что должностные лица этих организаций несут персональную ответственность.

2. Меры и контроль соблюдения пожарной безопасности на ремонтных и строительных площадках, а так же при монтажных и наладочных работах определяется руководством подстанции совместно с организацией, проводящей эти работы.

3. На весь период работ установить дежурство персонала, который должен быть хорошо проинструктирован о мерах, принимаемых при возникновении пожара.

					ФЮРА.140205.008.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

4. Производство работ внутри зданий и сооружений с применением горючих веществ и материалов одновременно с другими строительно-монтажными работами, связанными с применением открытого огня (сварка и т.п.) не допускается.

5. Площадки должны быть выгорожены и на них установлены необходимые знаки безопасности по действующему стандарту.

6. Во время работ должны выполняться следующие мероприятия:

- обеспечены свободные проходы и проезды, пути эвакуации, а также подходы к средствам пожаротушения;

- сварочные и другие огнеопасные работы проводятся только на том оборудовании, которое нельзя вывести на постоянный сварочный пост;

- пролитое масло и другие жидкости следует немедленно убирать;

- промасленные обтирочные материалы надо складывать в закрытые железные ящики, которые после окончания работы следует выносить (вывозить) для утилизации.

7. При установке оборудования детали и материалы должны размещаться на ремонтных площадках, чтобы не загромождать основные проходы и проезды транспорта, и подъезды к ним.

8. Сушка одежды и обуви должна производиться в специально приспособленных для этих целей помещениях, зданиях или сооружениях с центральным водяным отоплением либо с применением водяных калориферов.

9. Устройство сушилок в тамбурах и других помещениях, располагающихся у выходов из зданий, не допускается.

10. Оборудовать место работ дополнительным постом первичных средств пожаротушения и проверить их исправность, если в радиусе 20м отсутствует постоянный пост.

### **Требования по пожарной безопасности.**

Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторов с количеством

					ФЮРА.140205.008 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

масла более 1 т в единице должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслосборники.

12.2 Подстанции комплектные, столбовые, мачтовые, КТП шкафного типа с вертикальной компоновкой оборудования и киоскового типа с воздушными вводами и выводами по условию пожарной безопасности должны быть расположены на расстоянии не менее 3,00 м от зданий I, II, III степеней огнестойкости и 5 м от зданий IV и V степеней огнестойкости.

12.3 Аппараты и приборы следует располагать так, чтобы возникающие в них при эксплуатации искры или электрические дуги не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы, вызвать КЗ или замыкание на землю.

#### **4.4 Расчёт контура заземления по дстанции**

В целях защиты от поражения электрическим током обслуживающего персонала, предусматривают защитное заземление. Всё оборудование ПС заземляется при помощи проводников на общий контур заземления. В качестве контура заземления ПС используется как естественное (опоры, порталы) так и искусственное заземление. Размещение элементов искусственного заземления электроустановок проводится таким образом, чтобы было достигнуто равномерное распределение электрического потенциала на площади занятой ПС. С этой целью вдоль осей оборудования проложены выравнивающие проводники (полосы стали) на глубине 0,7 м и на расстоянии 0,8-1 м от фундаментов или оснований оборудования. Расстояние от границ заземлителя до забора электроустановки с внутренней стороны должно быть не менее 3 метров. В электроустановках с большими токами замыкания на землю сопротивление заземляющих устройств в любое время года должно быть не более 0,5 Ом.

Искусственные заземлители наиболее часто выполняют из вертикально забитых в грунт стальных труб и уголков длиной 2-3 м. Трубы применяют с внешним диаметром 35-50 мм, при толщине стенки не менее 4 мм. Забивают трубы и уголки в грунт так, чтобы верхний конец их располагался на 0,4-1,5

					<i>ФЮРА.140205.008 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

м ниже поверхности земли. Этим достигается меньшие колебания сопротивления заземления вследствие промерзания почвы зимой и уменьшения влажности летом.

Забитые в грунт трубы или уголки соединяют между собой стальными полосами, которые прокладывают в земле и приваривают к верхним концам труб или уголков. Такой сложный заземлитель, состоящий из ряда труб или уголков, соединенных параллельно стальными полосами является основным типом заземлителей на подстанциях.

В качестве контура заземления используется существующий контур заземления, присоединение вновь устанавливаемого оборудования планируется выполнить к действующему контуру заземления в соответствии с ПУЭ.

Расчёт заземления ПС сводится к определению числа вертикальных заземлителей и длины соединительной полосы. Считаем, что естественные заземлители отсутствуют. Расчёт производится в следующем порядке:

– определяется норма сопротивления заземления,

согласно ПУЭ  $R_z = 0,5 \text{ Ом};$

– определяется сопротивление одиночного заземлителя  $R_{од.з}$  с учётом расчётного удельного сопротивления грунта  $\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot k.$

Грунт в районе ПС суглинок,  $\rho_{изм} \approx 100 \text{ Ом/м}$  при влажности 10-12% к весу грунта,  $k = 1,5$  при глубине заложения 0,7-3,7 м, тогда:

$$\rho_{расч} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом/м.}$$

В качестве искусственных вертикальных заземлителей используются отрезки угловой стали длиной 5 метров, при этом в формуле вместо диаметра трубы представляется эквивалентный диаметр  $d_z = 0,95b$ , где  $b$  - ширина полки. Принимаем угловую сталь 63х63х6. Тогда  $d_z = 0,95 \cdot 63 \approx 0,06 \text{ м.}$  Глубина заложения верхнего конца 0,7 м. Сопротивление одиночного вертикального электрода  $R_{од.з}$  определяется по формуле:

$$R_{од.3} = \frac{\rho_{расч}}{2\pi l} \cdot \left( \ln \frac{2l}{d_3} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right);$$

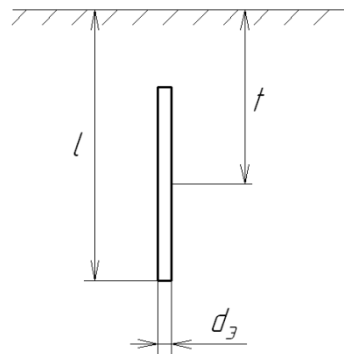


Рисунок 14. - Вертикальный заземлитель

$$l=5,7\text{м}; t=3,2\text{м}; d=0,06\text{ м};$$

$$R_{од.3} = \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,7} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 5,7}{0,06} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3,2 + 5,7}{4 \cdot 3,2 - 5,7} \right) = 23,98 \text{ Ом};$$

Периметр заземляющего контура равен 220м.

Определим примерное число вертикальных заземлителей для установки по контуру при отношении расстояния между электродами ( $a$ ) к их длине ( $l$ )  $a/l=1$  и предварительно принятом коэффициенте использования  $\eta_B=0,38$ :

$$n_{B.3} = \frac{R_{од.3}}{\eta_B \cdot R_3} = \frac{23,98}{0,38 \cdot 0,5} \approx 126 \text{ шт.}$$

Коэффициент использования горизонтальных заземлителей из полосы 40х4, для установки по контуру при отношении расстояния между электродами ( $a$ ) к их длине ( $l$ )  $a/l=1$ ,  $\eta_r=0,19$ .

Сопротивление растеканию полосы:

$$R_r = \frac{1}{\eta_r} \cdot \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t};$$

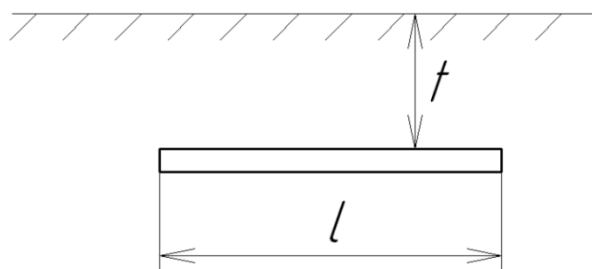


Рисунок 15. - Горизонтальный заземлитель

$$l=140 \text{ м; } t=0,7 \text{ м; } b=0,04\text{м;}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{1}{0,19} \cdot \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 220} \cdot \ln \frac{2 \cdot 220^2}{0,04 \cdot 0,7} = 8,6 \text{ Ом;}$$

Уточненное сопротивление вертикальных электродов:

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{н}}}{R_{\Gamma} - R_{\text{н}}};$$

$$R_{\text{в}} = \frac{8,6 \cdot 0,5}{8,6 - 0,5} = 0,531 \text{ Ом.}$$

Уточнённое число вертикальных электродов при  $\eta_{\text{в}} = 0,38$ :

$$n = \frac{R_{\text{од.з}}}{\eta_{\text{в}} \cdot R_{\text{в}}};$$

$$n = \frac{23,98}{0,38 \cdot 0,531} = 118,8 \text{ шт.}$$

Определяют результирующее сопротивление искусственного группового заземлителя:

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{в}} \cdot R_{\Gamma}}{(R_{\Gamma} \cdot \eta_{\Gamma} + n \cdot R_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}})} = \frac{0,531 \cdot 8,6}{(8,6 \cdot 0,19 + 119 \cdot 0,531 \cdot 0,38)} = 0,178.$$

Условие  $R_{\text{и}} = 0,178 < R_{\text{з}} = 0,5$  удовлетворяет требованиям.

Окончательно принимаем 119 уголков. Дополнительно к контуру на территории подстанции устанавливается сетка из продольных полос на расстоянии 0,8-1м от оборудования с поперечными связями через шесть метров. Для выравнивания потенциалов у входов и выездов, а так же по краям контура прокладываются полосы на глубине 1м.

## Заключение

На основании расчетов, выбран вариант реконструкции подстанции с установкой двух автотрансформаторов типа АТДЦТН-63000/220/110/10.

В экономическом разделе рассчитана сравнительная экономическая эффективность капитальных вложений на реконструкцию подстанции и сопоставление разрабатываемых проектных вариантов.

Рассмотрены вопросы производственной и экологической безопасности, анализ опасных и вредных производственных факторов, расчет системы искусственного освещения, электробезопасность, охрана окружающей среды, чрезвычайные ситуации и др.

					ФЮРА.140205.008 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		А.В.Парамонов			Заключение	Лит.	Лист
Провер.		А.В.Панкратов					87
Реценз.						ТПУ ИнЭО, гр. 3-9201	
Н. Контр.							
Утверд.							



## Список использованных источников.

- 1 В.И. Идельчик. Электрические системы и сети: Учебник для ВУЗов - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
- 2 Справочник по проектированию электроэнергетических систем. Под редакцией С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – 3-е издание. -М: Энергоатомиздат, 1985 г. – 352 с.
- 3 Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.: ил.
- 4 Правила устройства электроустановок. – (6-е изд. переработанное и дополненное с изменениями). Санк-Петербург 2001г.
- 5 Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.: ил.
- 6 Долин П.А. справочник по технике безопасности. – М: Энергоатомиздат, 1984.
- 7 Безопасность жизнедеятельности: Учеб.пособие для вузов/Под ред. проф. Л. А. Муравья. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002- 431 с.
- 8 Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. Постановление министерства труда РФ №12 от 14.03.97г.
- 9 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования/Под ред. БД. Неклепаева. -М: Изд-воНЦЭНАС, 2000. - 152с.
- 10 Мельников НА. Электрические сети и системы. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, стереотип. М., «Энергия», 1975

11 Поспелов Г.Е., В.Т. Федин В. Т. - Электрические системы и сети. - 2-е издание, исправленное и дополнительное, Минск.: «Высшая школа». -1988

12 Денисов В. И., Техничко-экономические расчеты в энергетике: Методы экономического сравнения вариантов. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 216 с.

13 Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Изд – во НЦ ЭНАС, 2006. – 352с.: ил.

14 Копьев В.Н. Релейная защита основного электрооборудования электростанций и подстанций. Вопросы проектирования: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. – Томск: Изд. ЭЛТИ ТПУ, 2005. – 107с.

15 Гук Ю.В. Теория надежности в электроэнергетики: Учебное пособие для вузов.- Л. «Энергоатомиздат» 1990г.

16 Синьчугов Ф.И. Расчет надежности схем электрических соединений. М., «Энергия», 1971г.

### Схема подстанции Западно-Сибирская после реконструкции

